MERIDIAN

A Case for Airships in the Canadian Arctic 1

Canadian Arctic Insects 9

International Polar Year Funding 9

The Changing Tundra – Palaeoecology in the High Arctic 13

The *Qaujivallianiq inuusirijauvalauqtunik* Suicide Follow-back Study 21

Book Review 22

New Board Members at the Polar Commission 23

Horizon 24

New Books 24

A CASE FOR AIRSHIPS IN THE CANADIAN ARCTIC

Terry A. Dick and Colin Gallagher

INTRODUCTION

It is evident for those of us undertaking research in the Arctic that extensive exploration is occurring and that the local affects of climate change are becoming more apparent.[1] It is also evident that costs for residents of basic everyday items like groceries and gasoline as well as building materials, snow machines, outboard motors and boats, are high. Given the recent trends in oil prices to over $60 a barrel, and with predictions of even higher costs for transportation, the cost of living will definitely increase. Combine these predictions with the fastest growing population in the country, concerns about Canadian sovereignty, and new wealth generation from non-renewable resources, and a need emerges for new and innovative long-term planning for northerners, and especially arctic communities.

There are three major forms of transportation in the Canadian North: sealift and barging during open water, fixed-wing aircraft throughout the year, and if permanent or winter roads are available, truck transport for bulk cargo. While the sealift is relatively economic it is limited to open water and may be affected by sea ice if warming trends continue, making some sea routes more hazardous over the short term (N. Mathur, personal communication). Furthermore, a late spring thaw or unpredicted shifting ice in a given year could mean that key construction equipment arrives too late by sealift to start work during the arctic summer, so that equipment is tied up for at least one more year. Fixed wing aircraft are expensive to operate and the recent bankruptcy of several air carriers indicates the impact that higher oil prices are having on the bottom line, even in areas of high population density. While fixed wing aircraft are unfortunately the only option for year-round travel and the delivery of crucial goods for residents of isolated northern communities, transportation and travel costs continue to increase.

The Canadian North and to a lesser extent the northern regions of most provinces have limited all-weather roads, in some regions supplemented by winter roads; about 70% of the Canadian land mass has no roads.[2] Figure 1 illustrates some of the existing and proposed winter roads in Canada today. Climate change has reduced the annual useable time of winter roads over the past decade[3] and has increased maintenance problems.[2] This, coupled with the absence of winter roads from many areas of the North and the tremendous construction costs of new permanent roads make it highly unlikely that the proposed roads will be built.

It is worth noting that many roads maintained by the forest and mining industries are not part of the provincial and territorial government transport inventories.

Canada

2008-05675/

Consequently, the non-permanent road system in Canada is far more extensive than outlined in Figure 1* and the environmental impacts are high. Manitoba, northwestern Ontario, some sections of northern Saskatchewan, and the Northwest Territories (NWT) have extensive winter roads. Other areas of Canada such as the NWT, Nunavut and Nunavik have no road systems, except for a few kilometres in each community. Furthermore, new roads such as the Bathurst Inlet proposal (Figure 1) would primarily service new mining ventures and have little lasting value to northern communities. Another major proposed road along the west side of Hudson Bay would serve several communities and potential mining operations, but the estimated cost of $1.2 to 1.7 billion is prohibitive. It is unclear who would pay the construction and annual maintenance costs of these roads.[3]

Exploration, movement of heavy bulky equipment, basic research, environmental and resource management, and sovereignty issues require transportation that is cost effective (reduces the high cost of caching fuel), can move slowly over the landscape (oceanographic measurements, geological and geophysical surveys, global change surveys and wildlife census), has minimal environmental impact, is highly visible, and uses a vehicle that can move easily over rough ice, water and land.

Given the scenarios outlined above it is clear that other transportation options need to be considered. One of these is the use

* Information on winter roads from British Columbia and Quebec was unavailable and no winter roads exist in Nunavut.

Figure 1
Northern territorial and federal parks, bird sanctuaries, and existing and proposed winter roads in Northwest Territories, Nunavut, Alberta, Saskatchewan, Manitoba and Ontario.

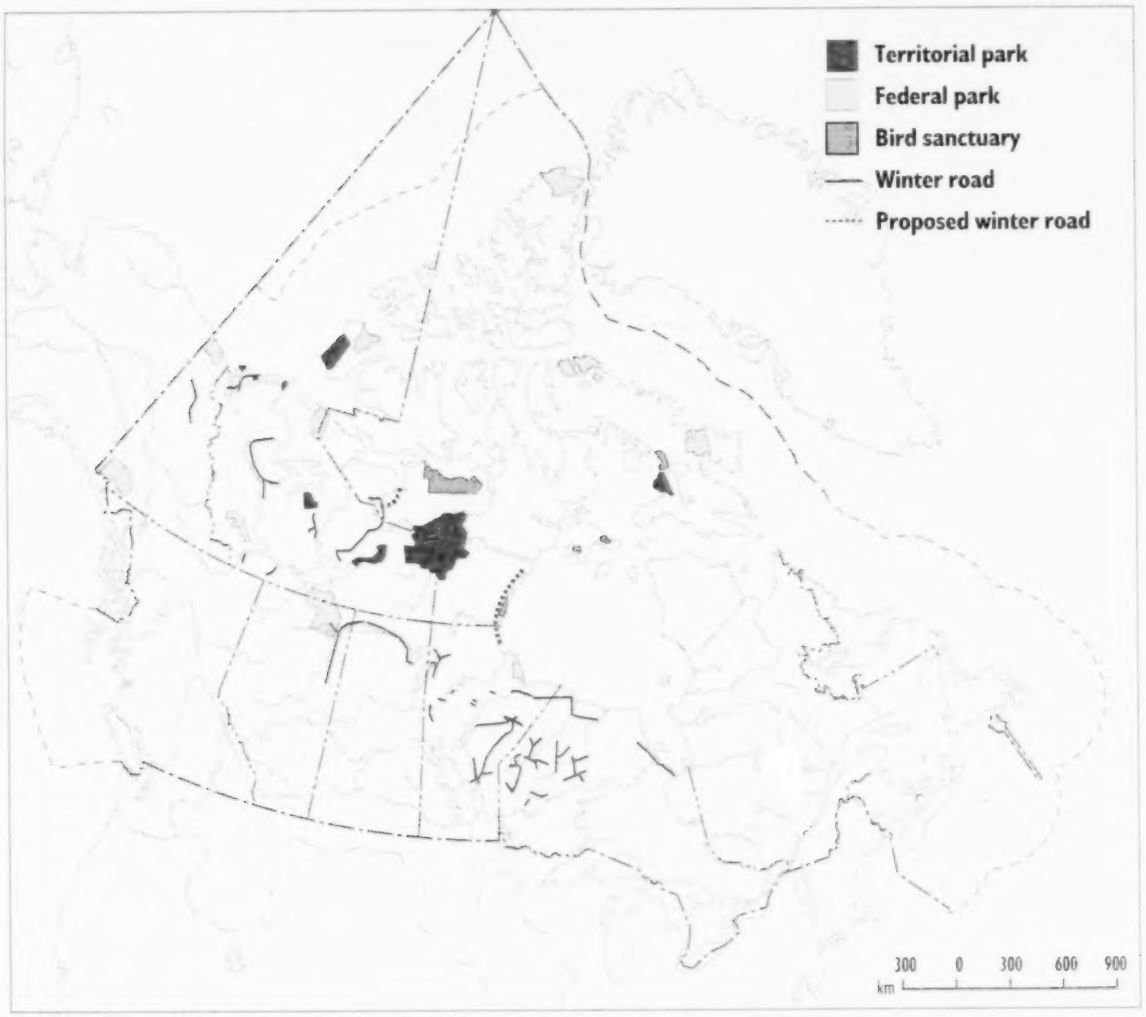


Figure 2
The spherical airship developed by 21st Century Airships of Newmarket, Ontario is suitable for diverse applications, has a quiet diesel-electric power system and can land and take off from water. Photo art: Eiko Emori using images from 21st Century Airships and Peter Johnson.

of airships. There are many skeptics concerning use of airships but most people agree that airships are light on infrastructure (the airships are the infrastructure), require little maintenance, and use comparatively little fuel. Some of the uneasiness with airships comes from the perception that they are unsafe, primarily based on the image of the burning *Hindenburg* and the use of hydrogen.

This article presents a historical perspective on arctic exploration using airships, some past and current technologies relating to airships, and a brief review of comparative cost of operations. We also discuss the potential benefits of airships to environmental research and natural resource management in the Arctic, and evaluate northern weather patterns as they relate to airship operations, as this is a consistent concern of those who question their use under the "harsh" arctic conditions.

EARLY EXPLORATION

Airships are not new to the Arctic. Over a century ago several explorers used balloons or airships for travel to the North Pole. The first, a hydrogen balloon attempt by the Swede Salmon August Andree (1856–1897), failed because of loss of gas through the fabric and the weight of mist and ice on the balloon.[1] An American, Walter Wellman (1858–1934) led five expeditions between 1894 and 1909, and in 1907 and 1908 used motorized airships in the Arctic.[2] An Italian airship piloted by Umberto Nobile sailed over the North Pole carrying the famous Norwegian explorer Roald Admundsen. Airships were used during both world wars as observational platforms and for anti-submarine surveillance, reaching their peak during the 1940s. The last US airship to cross the Arctic Circle did so in 1958, and shortly afterward the US navy phased out airships.

PAST AND PRESENT TECHNOLOGIES

Many airships were constructed during the early to mid 1900s. During World War I, for example, 360 British non-rigid airships protected allied convoys. The *Hindenburg*, constructed by the Zeppelin company and first flown in 1936, was the largest airship ever built and contained 7,062,000 cubic feet of hydrogen, giving it 242.2 tons of gross lift and a useful lift of 112.2 tons. Its design was novel even by today's standards, as passengers were located within the huge hull rather than in a protruding gondola. The Hindenburg met a fiery end even though its owners initially planned to use nonflammable helium.

Today there are twelve companies in ten countries with designs ranging from rigid to semi-rigid frames, and cigar-shaped to spherical. Modern composite materials designed for other uses are today being applied to airships. These new products include three-layer laminates consisting of a gas-tight layer, a polyester fabric layer to provide stability, and a polyurethane layer suitable for thermic welding that serves to connect the separate laminate panels. New computer-controlled engines adjust propeller vectors to maintain altitude with upward thrust, to allow hovering, and to angle the craft into the wind. Today helium is the gas of choice and since Canada is the third largest producer of helium at 2 billion m^3 per year, a shortage of helium is unlikely. The use of solar panels and fuel cells is being considered to further reduce energy costs. Two airships available today for cold weather testing and certification are the Zeppelin NT manufactured by Zeppelin Luftschifftechnik GmbH (ZLG) in Friedrichshafen, Germany and a spherical airship built by 21st Century Airship Inc. of Newmarket, Ontario, Canada.

ECONOMIC ASSESSMENT

The best economic assessment for airship use and comparisons with other forms of transportation has been done by Barry Prentice and his co-workers at the Transport Institute, University of Manitoba. The potential for cargo airships in the Arctic, using as an example the development of the Izok Lake mine (Bathurst Inlet road) in the Northwest Territories, is well documented.[5,6] A 265km all-weather road to the mine would cost $250 million; no roads are required for airships. Assuming 260 days per year of operation one airship with an 84 tonne capacity (the equivalent of two Super B tanker trucks) could carry 78 million litres of the mine's 180 million-litre annual fuel requirement. Cost of the airship was estimated at $60 million, depreciated over twenty years and including skin replacement in ten years (a very conservative estimate). Insurance was estimated at $1.75 million per year. Cost savings by reducing long term storage were estimated at $5 million annually. It was also estimated that a 10% return on investment would accrue after 245 days of airship operation and at 320 days of operation the mine would save an additional $4 million.[7]

Cost comparisons for the movement of goods by airship to small Northern Manitoba communities served by winter roads were also done.[7] The cost per tonne of goods only for a 30 tonne capacity airship was more than goods transported by road; if passengers were included the cost would be similar to truck transportation. Airships with a 150 tonne capacity were about 40% cheaper than trucks. While there are other variables to consider such as airspeed versus carrying capacity, distance travelled and fuel consumption, the above analysis indicates that airships would likely be competitive with contemporary winter road transportation systems. In much of the Arctic, where there are no winter roads, aircraft would not be able to compete with large airships.

ENVIRONMENTAL

Airships could be highly useful in wildlife management. National parks are widespread and often difficult and expensive to reach (Figure 1). Information from federal and provincial government internet sites indicates that the major mammal species managed in the North include grizzly bear, muskox, polar bear, caribou, Dall sheep, walrus, beluga whale, bowhead whale, harbor seal, ringed seal, hooded seal and harp seal. Much of northern Canada, including the northern portions of the provinces, is utilized by large mammal species (Figure 3). Even woodland caribou and moose in the Boreal regions could be studied using airships. Caribou herd migration and movements of polar bears, barren land grizzly, and whales could be plotted without direct intrusion into their habitats. Other marine mammal species widely distributed throughout the Arctic could be studied year round, even during ice breakup.

Airships could function as stationary

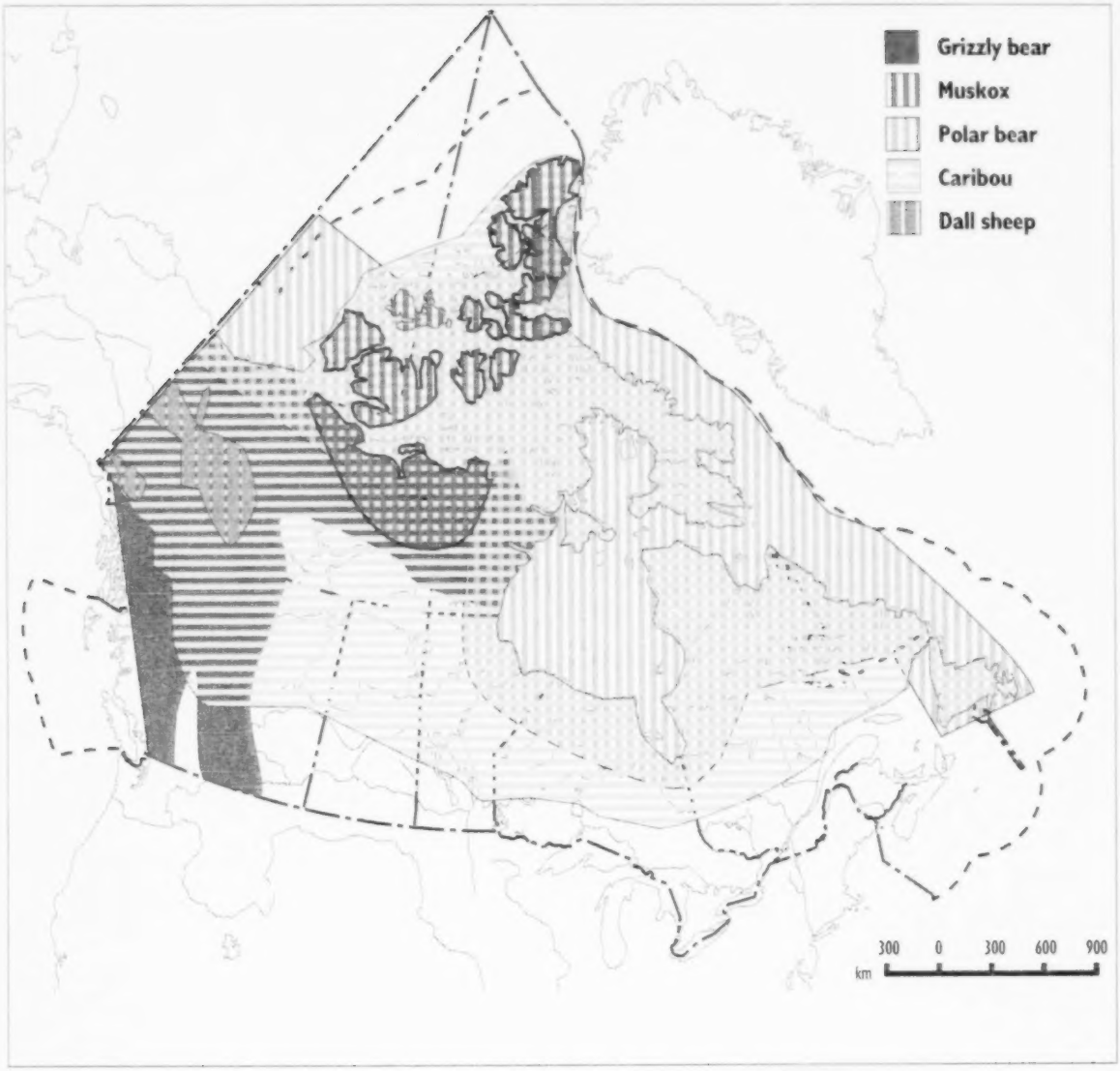


Figure 3
Canadian spatial distribution of grizzly bear, muskox, polar bear, caribou and Dall sheep.

platforms to document, by photography and other methods, species interactions at the ice edge. Animal movements could easily be recorded as they move from sea to ice to land with little or no disturbance to the animals or the environment. Surveying whales with Twin Otter aircraft requires refueling every six hours, and airspeeds of about 100 knots; but an airship can hover unobtrusively, offers a stable slow-moving platform for photography and can stay aloft much longer. Research data on animals could be collected where ice conditions are unsafe for surface transportation. In fact unstable ice conditions could be monitored continuously and airships would be available for rescue if needed during the peak hunting periods.

The distribution of species important to northern communities indicates that entire northern regions of Canada need to be accessible for census, harvesting and resource management. Airships would change how we view and manage arctic mammals and birds. Clearly airships could provide

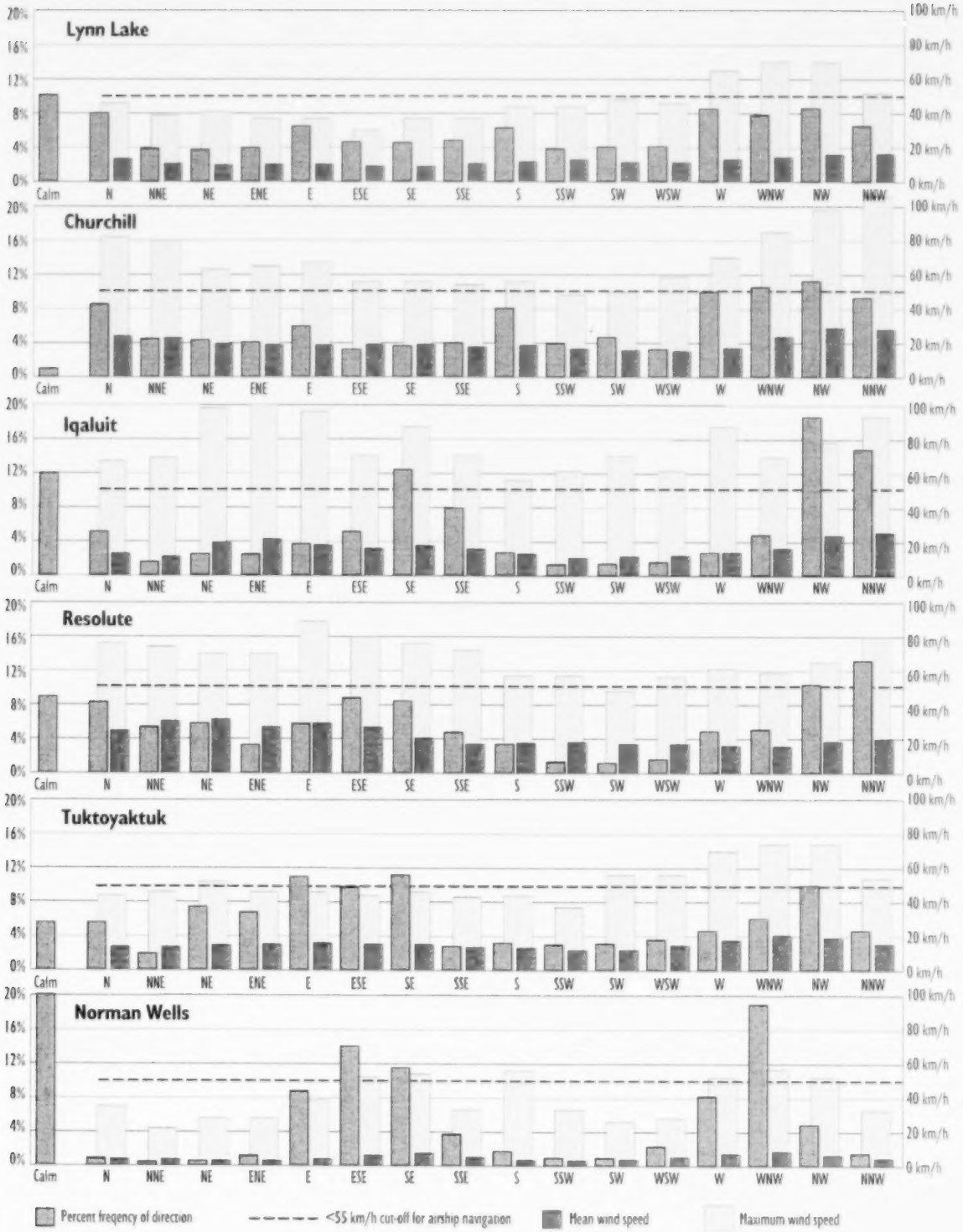


Figure 4
The percent frequency of wind direction and mean wind speeds from six Canadian Arctic communities between 1994 and 2004. Total number of days for which data was obtained is given in Figure 5.

economical year-round access to more remote areas and enable more accurate assessments. If subsistence travel and conservation hunting could be combined with resource management and ecotourism, airships could make vast areas of the North much more accessible, causing little environmental perturbation.

WEATHER PATTERNS

The North is viewed as an inhospitable environment and the harsh conditions are often suggested as a major barrier to the use of airships. To address some of these concerns hourly weather data (January 1, 1994 to December 31, 2004) from six northern Canadian sites (Lynn Lake and Churchill, Manitoba; Iqaluit and Resolute, Nunavut; Tuktoyaktuk and Norman Wells, Northwest Territories) were analyzed. Raw data was provided by Environment Canada's Meteorological services. The variables analyzed consisted of every possible combination of the following: drizzle, freezing drizzle, fog, freezing fog, ice crystals, ice fog, ice pellets, snow, blowing snow, snow grains, snow pellets, snow showers, and smoke.

The amount of days unsuitable for flight was the cumulative number of days between 1994 and 2004 with visibility under two kilometres and winds over 55 kilometres per hour; and the number of days when weather conditions included freezing fog, freezing rain or freezing drizzle. Prevailing wind directions and speeds for the same period were calculated for all locations (Figure 4). Of the entire suite of weather variables graphed for the category "unfavourable weather condition" (Figure 5) freezing fog, rain and drizzle accounted for most of the percentage.

The percent frequency of wind direction and mean wind speed for Lynn Lake, Churchill, Iqaluit, Resolute, Tuktoyaktuk and Norman Wells for the period 1994–2004 are given in Figure 4. Most airships can operate in winds up to 55km/h and from Figure 4 (see dotted lines) wind above 55km/h is relatively rare, except for Iqaluit and Resolute. The data clearly show that mean wind speeds are low for the six sites, but there are days when airships cannot fly due to excessive winds (Figure 5). Using the 55km/h cutoff it is evident from Figure 4 that high winds occur from all directions. With the exception of Resolute, with 14% of a total of 3997 days lost to airship operations, the percentage of days lost to poor weather was less than 8% of total days assessed for all weather variables (Figure 5). It appears that airships could operate much of the year in the Canadian Arctic, as weather does not appear to be a limiting factor. However, navigation systems that would allow night flying would be essential to maximize airship use, especially during the winter months.

While this review indicates that airships have a high probability of success in the Canadian North, several hurdles remain to be overcome. These include demonstrating that airships can transport goods and people on a regular basis; cold weather testing and certification; and the need to develop airships with greater lift capacity. The United States defense department has already started this process with two contracts for design of an airship able to carry 500 tonnes 12,000 nautical miles in seven days. Canadian needs are somewhat less but over the longer term airships with the capacity to transport 30 to 100 tonnes will likely be required.

WHAT CAN WE DO TO MAKE AIRSHIPS A REALITY FOR THE CANADIAN NORTH?

A first step is to give Canadians a place to focus their interests in airships. Iso Polar Research Inc., of Winnipeg, a non-profit organization, and the Northern Airship Advocacy Committee of the Nunavut Research Institute in Iqaluit promote the concept and the testing of airships in the Canadian North. Additional help is needed however, and could involve engaging industry, entrepreneurs, northern communities, politicians, governments and researchers in a national initiative. We need to determine how a transportation feasibility study on airships could be funded.

Perhaps some of the royalties generated from oil and gas and mining could be used to help develop a new and innovative transportation system for the North, or at the very least, to test the concept of airship technology in the Arctic. Perhaps some of the Kyoto funds could be used to fund the airship testing in the North and Arctic. After all, airships reduce greenhouse gas emissions, use much less fuel than conventional aircraft, and have a much smaller environmental footprint. Why not use some of the $2.6 billion the people of Canada received from the sale of Petro-Canada shares?[8] We could test the feasibility of airship transportation during the International Polar Year (2007–2008) when Canada is showcasing, to the world, its arctic heritage and its social and scientific initiatives and achievements in the North. What better symbol of sovereignty than airships the size of an ocean liner sailing 300–500m above the arctic surface with a 25m Canadian flag emblazoned on their sides, and at the same time reducing transportation cost, increasing accessibility and minimizing environmental impacts. We do not need to generate new funds to evaluate airships in the North but we do need the national will to take us into the 21st century in order to leave a transportation legacy for northerners after the non-renewable resources are depleted.

Terry Dick is a professor, and Colin Gallagher a technician, in the Department of Zoology, University of Manitoba. Terry

Dick's research is supported by an NSERC Northern Research Chair.

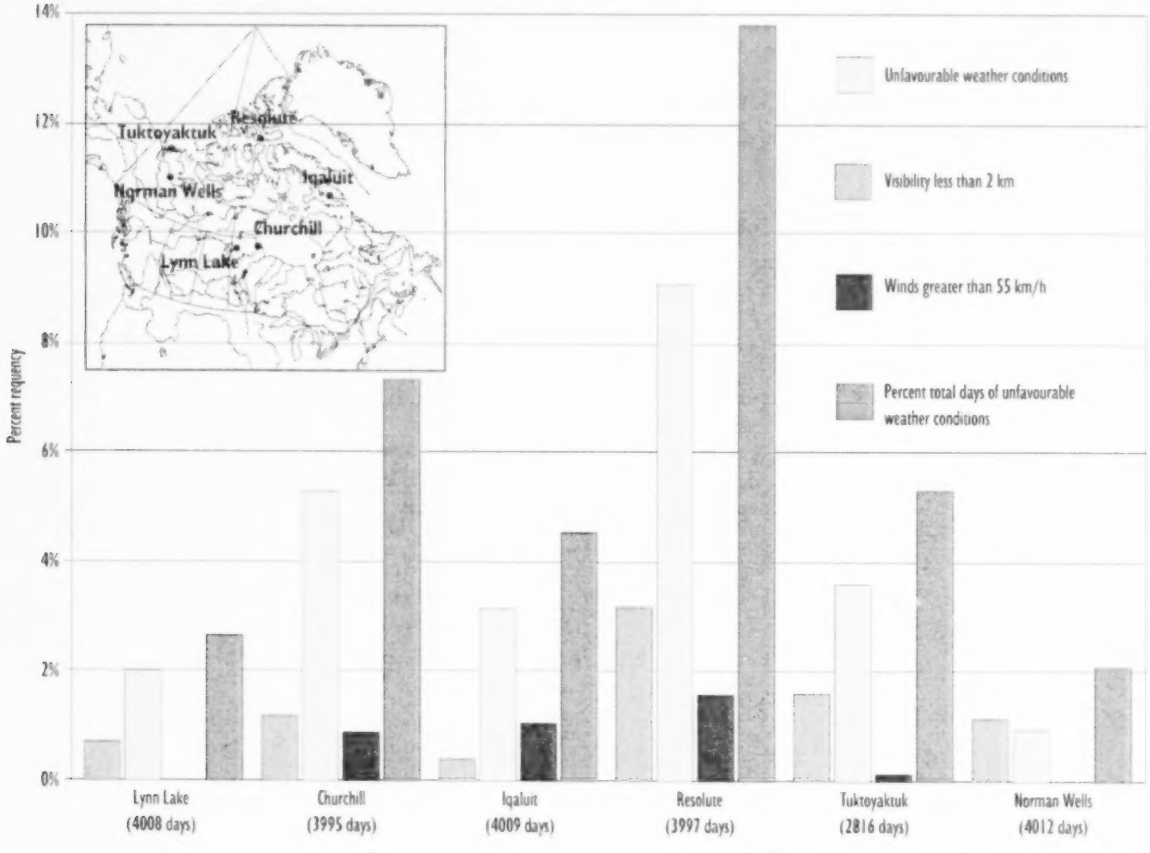
Acknowledgements

We thank Dr. Garry Prentice, Transport Institute, University of Manitoba, Mary Ellen Thomas, Acting Director, Nunavut Research Institute, Iqaluit and numerous colleagues across Canada for their support and encouragement in our pursuit of a less costly transport system for the Canadian Arctic.

References

1. Johannesen, O.M., L. Bengtsson, M.W. Miles, S.I. Kuzmina, V.A. Semenov, G.V. Alekseev, A.P. Nagurnyi, V.F. Zakharov, L.P. Bobylev, L.H. Pettersson, K. Hasselmann and H.P. Cattle, 2004. Arctic climate change: observed and modelled temperature and sea-ice variability. Tellus A. 56 (4), 328–341.
2. Kuryk, Don, 2003. Seasonal transportation to remote communities – what if? In: *Airships to the Arctic: moving beyond the roads* (eds. B.E. Prentice, J. Winograd, A. Phillips and B. Harrison). Symposium II, 40–50.
3. Prentice, Barry E. and Jim Thompson, 2004. Economics of airships for northern re-supply. 5th International Airship Convention and Exhibition, Oxford England, CD-ROM.
4. Capelotti, P.J., 1999. *By Airship to the North Pole: an archaeology of human exploration*. Rutgers Press, New Jersey, 209p.
5. Althoff, W., 2003. *Potential arctic missions. In Airships to the Arctic: moving beyond the roads* (eds. B.E. Prentice, J. Winograd, A. Phillips and B. Harrison). Symposium II, 1–8.
6. Prentice, Barry E., 2003a. *Airship applications in the Arctic: preliminary economic assessment*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 3rd Aviation Technology Integration and Operation (ATIO) technical Forum: CD-ROM.
7. Prentice, Barry E., 2003b. Airship fuel tankers for northern resource development: a requirements analysis. *Canadian Transportation Research Forum Proceeding Issue: 38th Annual Meeting*: 592–606.
8. Dick, T.A., 2005. Environmental change and Arctic research. In: *Airships to the Arctic: Symposium III. Sustainable northern transportation* (eds. S. Cohen, B. Duncan and B.E. Prentice). Symposium III.

Figure 5
Percent frequency of days when conditions are unfavourable for airship flights.



CANADIAN ARCTIC INSECTS

Richard A. Ring

A convenient place to begin an article on the arctic insects of Canada is with the first Canadian Arctic Expedition of 1913–1918 led by Vilhjalmur Stefansson. This expedition was sponsored by the Canadian Government and thus most of the specimens collected (including insects and related arthropods) remain in Canada. Although there were numerous scientific and exploratory expeditions to the Arctic before this time, most of the biological specimens collected were returned to home countries such as the UK, many other European countries, and the USA. The report of the Canadian Arctic Expedition, published by AMS Press from 1919 on, has several sections that pertain to the insects and other invertebrates.

Further insect collecting expeditions from within Canada were carried out sporadically over the remainder of the first half of the 20th Century (1920–1950), but the halcyon days of Canadian arctic entomology began with the introduction of commercial air travel. Beginning in 1947, the Northern Biting Fly Survey followed by the Northern Insect Survey established the basis for more modern arctic insect studies. During the 1960s and 1970s, a wide variety of studies by groups and individuals was undertaken. What had started essentially as a program for obtaining and publishing information on the taxonomy and distribution of northern insects was by now diversifying into studies of morphology, behaviour, ecology at all levels (population, community, and ecosystem interactions), and eco-physiology. This body of work culminated in the publication of an invaluable book, *Arctic Arthropods: A review of systematics and ecology with particular reference to the North American fauna*, by Hugh Danks (1981). Since then, much attention has been focused on research devoted to insect adaptations in the North, although individual survey-type projects have also continued.

Arctic insect diversity follows the general trend in animal (and plant) biodiversity, that is, that animal diversity in terms of the number of species decreases as you move from the equator to the poles. However, Arctic Canada has a much greater diversity of insects when compared to similar latitudes in the Southern hemisphere. Over 6000 species of insects and related arthropods (*e.g.*, spiders and mites) have been collected, identified and named in Canada, and many more await (1) description and naming, and (2) discovery, I suspect.

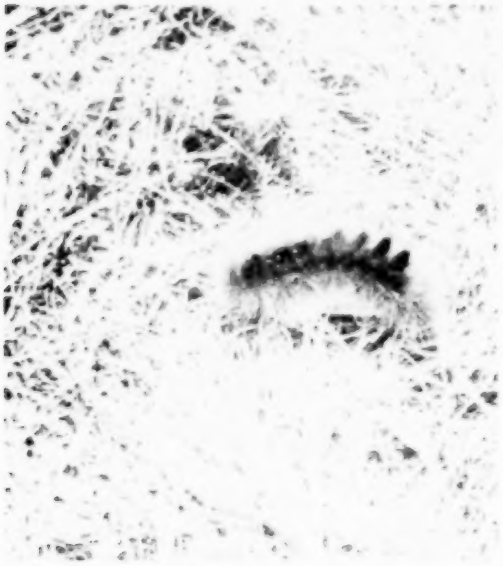
From the compiled lists, there are some interesting observations of an evolutionary nature that can be made. Compared to the same taxa in temperate and tropical regions, well known groups such as the mayflies (Order Ephemeroptera), dragonflies and damselflies (O. Odonata), and grasshoppers, crickets, etc. (O. Orthoptera) peter out towards the coniferous forest treeline, the transition zone between the northern boreal forest and the low arctic tundra. These orders of insects are diverse and abundant in temperate and tropical regions, especially the Orthoptera (think grasshoppers and locusts). Similarly, most social insects, for instance members of the Order Hymenoptera (ants, bees and wasps) are very rarely found above the treeline, with the rare exception of a few species of bumble bees (Family Apidae) which maintain small colonies even up into the High Arctic (*e.g.*, Ellesmere Island). It is difficult to explain, either intuitively or from an evolutionary perspective, why the mighty Order Coleoptera (beetles) – dominant in number of species in both temperate and tropical regions – is so depauperate in the Arctic. After all, beetles comprise over one third of all insect species, and insect species outnumber all other species of microbes, plants and animals combined! I will leave that problem to a more competent authority to explain.

In contrast, the Order Diptera (flies) rules supreme in the Arctic. Flies belong to one of the most diverse orders of living organisms, and have species that can be found in most terrestrial and aquatic ecosystems, including marine habitats. They represent several levels of trophic structure, and have, as members, herbivores, carnivores, detritivores, scavengers, decomposers, blood feeders, pollinators, parasitoids, and both ecto- and endo-parasites! Their dominance amongst the arctic fauna has important consequences for the plants, animals and peoples who live there. As pollinators, they have taken over a major role in the Arctic from the bees, butterflies, birds and others (but not the wind) in temperate and tropical

INTERNATIONAL POLAR YEAR FUNDING

The Honourable Anne McLellan, Deputy Prime Minister, announced on September 21st that the Government of Canada will provide $150 million in new funding over six years to carry out an innovative, interdisciplinary program for International Polar Year 2007–2008 in cooperation with our international partners.

regions. Over 50% of arctic flowers are insect pollinated, so theirs is a substantial contribution to insect pollination in the North. As decomposers and scavengers they are beyond compare, and as herbivores they play a very important role in insect/plant relationships. Indeed, some say (about insects as a whole) that they have about the same impact on plant populations as the large mammalian herbivores *i.e.*, caribou and muskoxen. However, it is the propensity for many families of Diptera to live as larvae in freshwater that makes this order of parasitic larvae and pupae live and breed in the tundra, not only in numbers of individuals but also in numbers of species. No wonder that that many species and large flights of birds make this long, hazardous trip to the Arctic every year to take advantage of this natural, dependable food resource. Land mammals are also affected, but mainly in a deleterious way. Since many of these dipterans are biting flies as adults, they have profound effects on the behaviour of land-based mammals such as caribou and, even, the Inuit and other peoples of Arctic Canada.



Arctic woolly bear caterpillar (*Gynaephora groenlandica*) at Alex Fiord. One of the most cold tolerant insects known. Photo: R. Ring.

Caribou migration and behaviour are greatly influenced by biting flies and, especially, warble flies, those insidious endoparasites of caribou muscle tissue. The Inuit and other peoples of the Arctic (including visitors like southern entomologists!), too, are greatly influenced by biting flies, the omnipres-ent mosquitoes, black flies and deer flies ("bulldogs"). DEET is a good option if your skin can tolerate it! We have to be thankful, I suppose, that they do not transmit any arthropod-borne diseases (*e.g.*, arboviruses or other micro-organisms) as they do in most other parts of the world.

Insects, therefore, occupy integral parts of all arctic terrestrial and freshwater habitats. They are found in everything from small ponds to large lakes, from small streams to large rivers, in marshy areas and in bogs. On land, they can be found in the soil, on and in plants (lichens, mosses, herbs, shrubs and trees), and in decomposing plant and animal remains. On live animals, they feed as blood feeders and as internal and external parasites; on other insects they live as parasitoids. In other words, they operate at many trophic (feeding) levels in arctic ecosystems. Finally, one should not forget their role as pollinators for many arctic flowers.

The main emphasis of my research program in arctic entomology has been on the adaptations of northern insects to the extreme environmental conditions of Arctic Canada. Such adaptations involve a suite of characteristics which include morphological, physiological, sensory, developmental and behavioral traits that can enhance the survival and reproductive success of the organism under these conditions. Two of the most obvious factors affecting the distribution and abundance of insects as poikilotherms in the North are the long, extremely cold winters and the short summers (growing seasons). Insects have adapted to these natural constraints in a number of ways: in their body structure (increased hairiness and melanism to conserve heat and protect against injurious UV radiation); in their metabolism (active at lower temperatures than their southern counterparts); and in their behaviour and life-cycle stratagems. The suite of adaptations that has occupied my interest for many years, however, is how insects have adapted to survive extremely low winter temperatures and the desiccating effects that accompany such exposure *i.e.*, the eco-physiology of insect cold hardiness. The Canadian Arctic is a "natural laboratory" for this type of study. Most arctic insects prepare for the onset of winter by selecting suitable overwintering sites (hibernacula) where winter conditions are likely to be less severe; for example, in the litter layer, under snow (the sub-nivael layer), in plant material, in crevices, or in small mammal burrows. Those living in water tend to be restricted to the non-frozen area or burrow into the substrate. Many species tend to choose locations that melt or heat up first in spring (south-facing aspects), thus allowing them a "head start" in development for the short growing season. Others, surprisingly,

mount importance. If you have been to the Arctic, then you know that much of the area is characterized by standing water (lakes, ponds, etc.) and slow-flowing streams and rivers, due largely to the underlying permafrost and other topographical features. Indeed, much of the arctic tundra seems to be composed of water with interspersed islands! This offers ideal habitat for the larvae of many dipteran families and genera. The result is that huge populations of aquat-

overwinter on rocks or in on plant tissues that are above the snowline and exposed to ambient air temperatures!

Evidence from my laboratory, as well as many others, shows that arctic insects survive winter using one of two strategies: (1) "Freezing tolerance", in which the overwintering stages can survive a certain degree of freezing of tissue water, and (2) "Freezing intolerance", where insects avoid freezing and overwinter in the non-

Insect Cold Tolerance Strategies

Freezing Tolerant: Survive ice formation within the body, but usually only in the extracellular body fluids.

Freezing Susceptible: Avoid freezing by supercooling to varying degrees.

frozen but supercooled state. Their tissue fluids remain in the liquid phase throughout winter. Some species of arctic insects can survive in this way (supercooled) down to −55°C to −60°C! Both groups undergo a variety of physiological and biochemical changes in preparation to withstand such low temperatures, but one of the main features of these species is their ability to synthesize chemicals (cryoprotectants) such as the sugars glucose and trehalose, the sugar alcohols glycerol, sorbitol, mannitol, etc. and other compounds prior to the onset of

Protective Systems

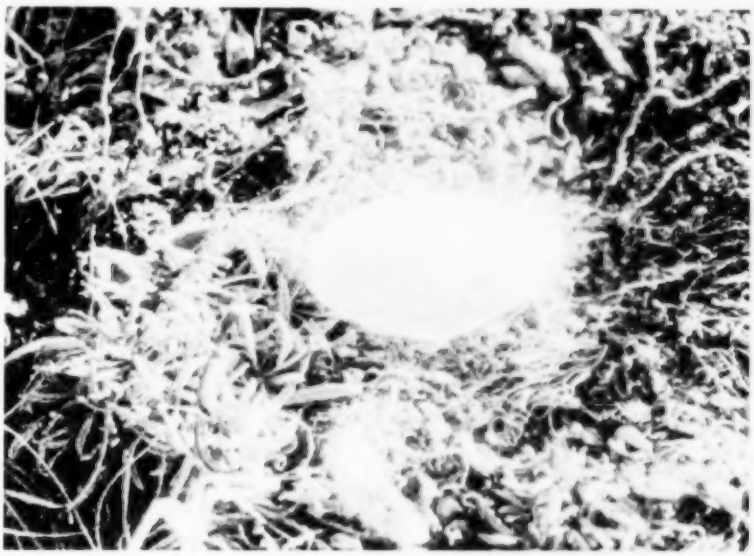
Polyols: Glycerol, sorbitol, mannitol, dulcitol, threitol, erythritol, ribitol, arabitol, myo-inositol and ethylene glycol.

Sugars: Trehalose, sucrose, glucose, fructose and galactose.

Anti-Freeze: Proteins (thermal hysteresis proteins). Produce a lowering of the freezing point but NOT the melting point.

Nucleating Agents: Induce ice formation at relatively high sub-zero temperatures.

deleterious winter conditions. Some of the other contributions to arctic entomology from my laboratory (myself, graduate students and research assistants), have been: (1) identification of a multi-cryoprotectant system in some arctic species whereby a "cocktail" of glucose, trehalose, glycerol, sorbitol and proteinaceous molecules are synthesized prior to overwintering, (2) the discovery of the lowest supercooling point ever for an insect, −61°C for the beetle *Pytho americanus* from the Western Arctic of Canada, and (3) identification of various anomalies in arctic and alpine insects where freezing tolerance can co-exist with very low supercooling points. There are several other anomalies that await elucidation among arctic insects, such as the winter survival of coccinellid beetles (ladybugs) in the absence of any known cryoprotectant substances.



Woolly bear cocoon. Caterpillars spend most of the summer and all winter in these exposed cocoons. Photo: R. Ring

Several graduate student theses have been inspired by arctic insects. Lee Humble made an important attempt to tease apart the co-evolutionary problems of cold versus desiccation tolerance and/or resistance. In arctic willow sawflies of the low Western Arctic, he demonstrated that their abilities to survive low winter temperature and desiccation stress were co-adapted, that is they are overlapping adaptations. He also studied the overwintering behaviour and adaptations of the parasitoids of these willow sawflies. Neville Winchester studied the diversity and overwintering biology of the larvae (caddis larvae or case-building larvae) of the Order Trichoptera in the streams of the Tuktoyaktuk Peninsula. Dean Morewood studied the life history strategies and the temperature-development relationships of that most cold-hardy of all insects, the caterpillars of the arctic woolly bears (*Gynaephora* spp.: Lymantriidae). The location of this study was at that most magnificent High Arctic biological oasis, Alexandra Fiord, Ellesmere Island, Nunavut. During that period, another graduate student, Adrian DeBruyn, studied the overwintering behaviour and habitats of two species of diving beetles (*Hydroporus* spp.: Dytiscidae) that occupy the temporary pools at Alexandra Fiord. It was during that time that I became fascinated in and wished to collaborate with the plant ecologists who had established a Canadian site for the International Tundra Experiment (ITEX).

ITEX (Canada) was established at Alexandra Fiord in 1990 by Dr. Greg Henry,

a plant ecologist in the Geography Department at U.B.C. This was Canada's first response to an international meeting of tundra ecologists who were concerned about predictions that human-enhanced greenhouse warming on a global scale would occur earliest and to the greatest degree at the highest latitudes. This large scale field experiment in the Arctic was planned to be a long-term collaborative research program by scientists from nine countries working at 26 research sites to examine the effects of enhanced summer warming on tundra vegetation. Investigators agreed to use a common experimental design and a similar set of target species, and to monitor a common suite of parameters in each ecosystem.

Grids of small, translucent, fiberglass, open-top chambers (OTCs), covering almost 1m square of tundra surface area, were erected in each of the chosen localities. They have proved effective in raising the ambient air temperature within the OTCs by an average of 1°C to 3°C, close to what the Global Climate Change models were predicting at the time. This seemed to me to be an ideal opportunity to include an insect component in the ITEX protocols. After all, insects and plants have very close ecological relationships! The effects of OTCs on insects, therefore, have been studied for the last several years within the ITEX context at Alexandra Fiord. Insect, spider and mite specimens have been collected from six ecologically distinct plant communities, with the following three main emphases (1) comparison of the insect/arthropod fauna within and without (*i.e.*, controls) the OTCs using the standard yellow pitfall traps, (2) since OTCs have physical effects, such as excluding some flying insects many of which are known pollinators of arctic flowers, a comparison of the frequency of likely pollinators both within and without the OTCs was undertaken, and (3) an analysis of the direct effects of the OTCs on insect/arthropod development and phenology (mainly within the soil micro-arthropod fauna) was carried out.

Although a considerable amount of data have been collected to date, my compulsory retirement has been a major obstacle in the analyses of the data and publication of the results (I don't have a laboratory any longer). However, I continue to make this a major goal of my "retirement plans"! Other reasons to regret my forced retirement are the new attitudes that have recently emerged towards Northern research, and, in addition, the recognition that a continued research presence in the North is important for purposes of Canadian sovereignty. Furthermore, within the field of insect cryobiology new research is now being focused on exciting topics such as Rapid Cold Hardening (RCH). This can occur in insects within minutes or hours, and can occur within ecologically relevant cooling rates and thermoperiods, thus allowing the insects to continuously monitor and "fine tune" their physiological reponses and behaviour. The ability for RCH has been closely linked to the expression of stress proteins released within the insect during cold, heat and dehydration exposures; some of the *gene loci* that control the expression of these stress proteins have also recently been identified. This is likely to be a universal characteristic, moving such studies from the somewhat parochial field of entomology into the mainstream of biological experimentation. Similarly, the ability of some insects to denature their mitochondria in preparation for overwintering and then re-synthesize them in spring has recently been confirmed in species. This phenomenon was first described in the arctic woolly bear caterpillar by Dr. Olga Kukal and co-workers, and it may also be of widespread application among a variety of animals that overwinter in extreme environments. So, exciting things are happening in the field of insect cryobiology, but what vexes me most is the fact that I am the only entomologist in Canada working in this exciting, and nationally important, area of research. And there is no one ready to step into the breach!

There are many present and impending issues in the Arctic that will face the Canadian Government, northern peoples and scientists in the years that lie ahead. Global warming, with its effects on the landscape, indigenous peoples, plants and animals (which I have already alluded to) will be of paramount importance – but not the only one. The thinning of the ozone layer and increased UV radiation; the unpredictable effects of precipitation and cloud cover (or lack thereof), which will have immense effects on local temperatures at ground level, tundra lakes, rivers and streams, and the plants and animals that live in or on them; and the melting of glaciers, permafrost and sea ice, likewise. It is predicted that the melting of sea ice will be so advanced by the middle of this century (2050) that open sea will occur among the Canadian Arctic Archipelago, leading to marine routes from the North Atlantic to the North Pacific. This conjures up that nebulous but long-standing debate – Canadian sovereignty in the Arctic. There is no dispute about sovereignty over the Canadian arctic islands (not withstanding current issues with Denmark over Hans Island!), but the waterways between and among some of these islands in particular are another matter. The USA and Russia, for instance, are adamant that these are international waters. So further negotiations lie ahead. Let me make a proposal. Provide every scientific and exploratory expedition heading North with a Canadian flag and flagpole. Let the scientists fly the FLAG!

Dr Richard A. Ring is Professor Emeritus, Department of Biology, University of Victoria.

THE CHANGING TUNDRA – PALAEOECOLOGY IN THE HIGH ARCTIC

Christopher Ellis

Arctic terrestrial ecosystems have been an important theme in the development of global change biology. Given the expectation of pronounced climate warming in arctic regions, ecological studies during the last two decades have sought to understand the effect of human-induced change on the structure and function of tundra habitats. Perhaps the most well-known of these recent studies is the International Tundra Experiment (ITEX), which comprised the collaboration of ecologists from 12 countries working at 27 high-latitude circumpolar stations (www.itex-science.net). The ITEX approach sought to simulate climate change across these sites, and thereby understand the ecosystem response amongst contrasting vegetation-types. The simulation-experiment adopted by ITEX is a method used widely by research groups. Experiments have manipulated local factors that will change with climate, *i.e.*, temperature, soil moisture and levels of limiting nutrient, to demonstrate the direct effect of these interacting variables on the tundra vegetation (for a recent review see Wookey and Robinson, 1997).

Critically, recent experiments in tundra ecology are limited to relatively short time-scales, normally less than ten years. An experiment would be considered lengthy if it had continued for twenty years, though the vegetation-soil complex may respond over centuries. Consequently, attention has turned to the "scaling-up" of these short-term experiments, to understand how predicted climate change may affect tundra ecosystems over several decades or even centuries. An important part of this scaling-up process should utilise the palaeoecological record as a source of information about the long-term dynamics of an ecosystem. Palaeoecology has played a central role in confirming or refuting short-term observations over longer time-periods in lower-latitude ecosystems (*e.g.*, mires and forests in Temperate zones). Such research could be similarly used at high-latitudes, to establish whether the climatic sensitivity described by short-term studies may also control the development of tundra habitats over the long-term (*i.e.*, 100s–1000s of years). At present very little palaeoecological data is relevant to terrestrial tundra habitats, with the High Arctic particularly lacking. The sensitivity of tundra vegetation to climate warming, demonstrated by short-term experiments, therefore lacks essential long-term context. This article reports on one of only very few studies to examine the palaeoecology of a High Arctic terrestrial ecosystem.

BYLOT ISLAND AND THE WETLAND STUDY SITE

The study was carried out on Bylot Island (*ca.* 73°N, 80°W), which lies to the north-east of Baffin Island, within the Sirmilik

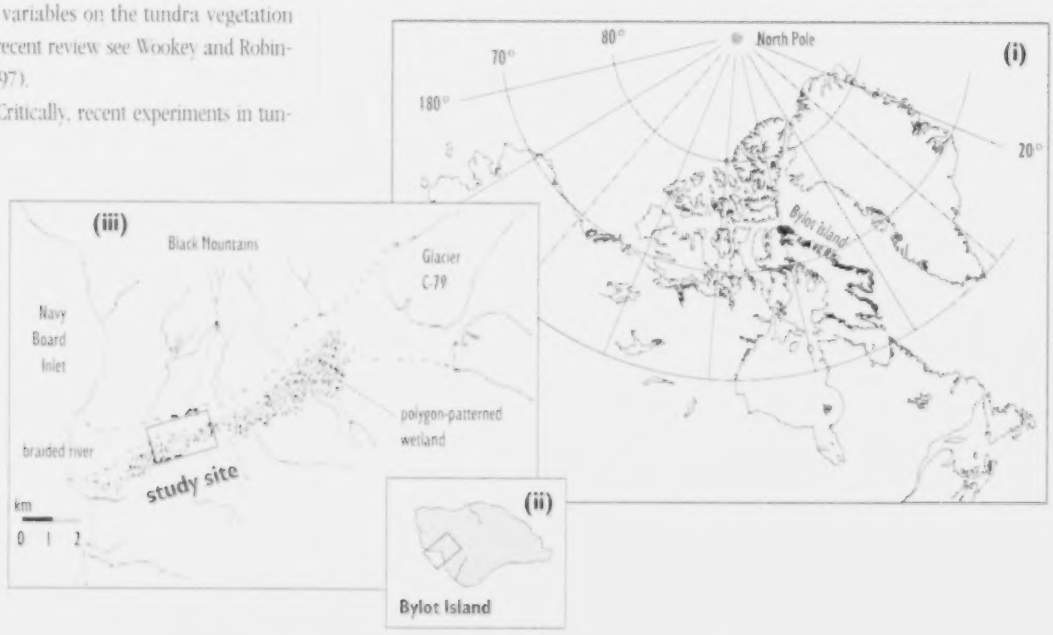


Figure 1
The position (i) of Bylot Island in the Canadian Arctic Archipelago, (ii) the Qunguliqtut Valley in western Bylot Island and (iii) the study site in the polygon-patterned wetland to the south of Qunguliqtut Valley.

Figure 2
A low-centre-polygon complex inundated with spring melt-water. Notice that some low-centre polygons are wetter (mid-photograph) compared to others (drier polygons to the lower right). Difference in the wetness of adjacent low-centre polygons is a feature of the polygon complex.

National Park (Figure 1). Bylot Island comprises *ca.* 11,000 km^2, of which the majority is mountainous terrain (up to *ca.* 1600m), covered by a central ice cap and with radiating glaciers. The margin of the island includes a series of plateaux with sparsely vegetated polar desert. As the plateaux drop towards the sea the vegetation cover becomes more consistent, and at lower elevations is dominated by heath-tussock tundra. Wetlands develop in areas where spring melt-water accumulates. These wetlands are generally isolated patches on the lower plateaux, though in the glacial valley bottoms they form extensive ecosystems. Fed seasonally by water and nutrients from the surrounding higher ground and adjacent river systems, the lowland wetlands are "minerotrophic" mires, relatively productive and biologically diverse. The vegetation of such mires is dominated on Bylot Island by sedges (*e.g.*, *Carex aquatilis* var. *stans*, *Eriophorum scheuchzeri*), grasses (*e.g.*, *Arctagrostis latifolium*, *Dupontia fischeri*, *Pleuropogon sabinei*) and fen mosses (*e.g.*, *Drepanocladus* spp., *Aulocomnium* spp.), and they form essential summer habitat for migratory water-fowl. Beause of this richness they have been dubbed "polar oases".

Our study examined the long-term development of one such High Arctic wetland in the Qunguliqtut Valley, on western Bylot Island (Figure 1). The study site comprised a system of large terraces to the south of valley, raised above the channel of the adjacent river. The terraces are building through the accretion of aeolian sands and silts and the concurrent deposition of peat (Allard, 1996). A network of ice-wedges is developing during aggradation of the terraces, forming a complex polygon-patterned wetland (Figure 2). The development of these ice-wedges is critical to our methodology and the interpretation of results.

POLYGON-DEVELOPMENT AND PALAEOECOLOGICAL RECONSTRUCTION

The initiation of ice-wedges occurs where ground newly exposed to severe winter temperatures undergoes thermal contraction, cracking into a series of polygonal fissures

(Figure 3a). Melt-water entering the fissures during spring and summer thaw will subsequently refreeze, forming veins of ice (Figure 3b). Perennial cracking of the same ice veins, their inundation by melt-water and subsequent refreezing and fracture cause incremental addition and growth to form wedge shaped bodies of ground-ice. The progressive expansion of ice-wedges displaces surrounding cryosols (frozen soils), causing with the thermal expansion of adjacent ground the development of dry ridges, which thus surround lower and wetter polygon-centres – *i.e.*, low-centre polygons (Figure 3c). In depositional environments 'syngenetic' ice-wedges grow vertically as the permafrost table (*i.e.*, the top of the permafrost layer) rises with the accretion of sediments. Growth of syngenetic wedges is enabled by the long-term aggradation of peat-rich sediment, occurring under limiting conditions of slow, continuous sedimentation and repeated frost-cracking (Figure 3d and 3e). Thus, low-centre polygons at the Qunguliqtut study site will have developed upwards via syngentic ice-wedge growth as the sediments forming the terraces accumulated.

Our study examined the long-term development of five separate low-centre polygons. We extracted peat cores from the frozen centres of polygons using a machine driven corer (Figures 3e and 4). The collected sediment was examined to ensure that it was horizontally bedded and not disturbed by cryoturbation (mixing). Cores from the polygon surface to the mineral base of the sediment were between two and three metres deep. They comprised a mixture of undecomposed plant remains and aeolian silts, deposited over time as the polygons developed upwards. It was thought possible to reconstruct vegetation change during polygon development, by analysing undecomposed plant remains (mostly mosses), preserved in layer upon layer of the cored sediments (*cf.*, Figure 3e). The cores were

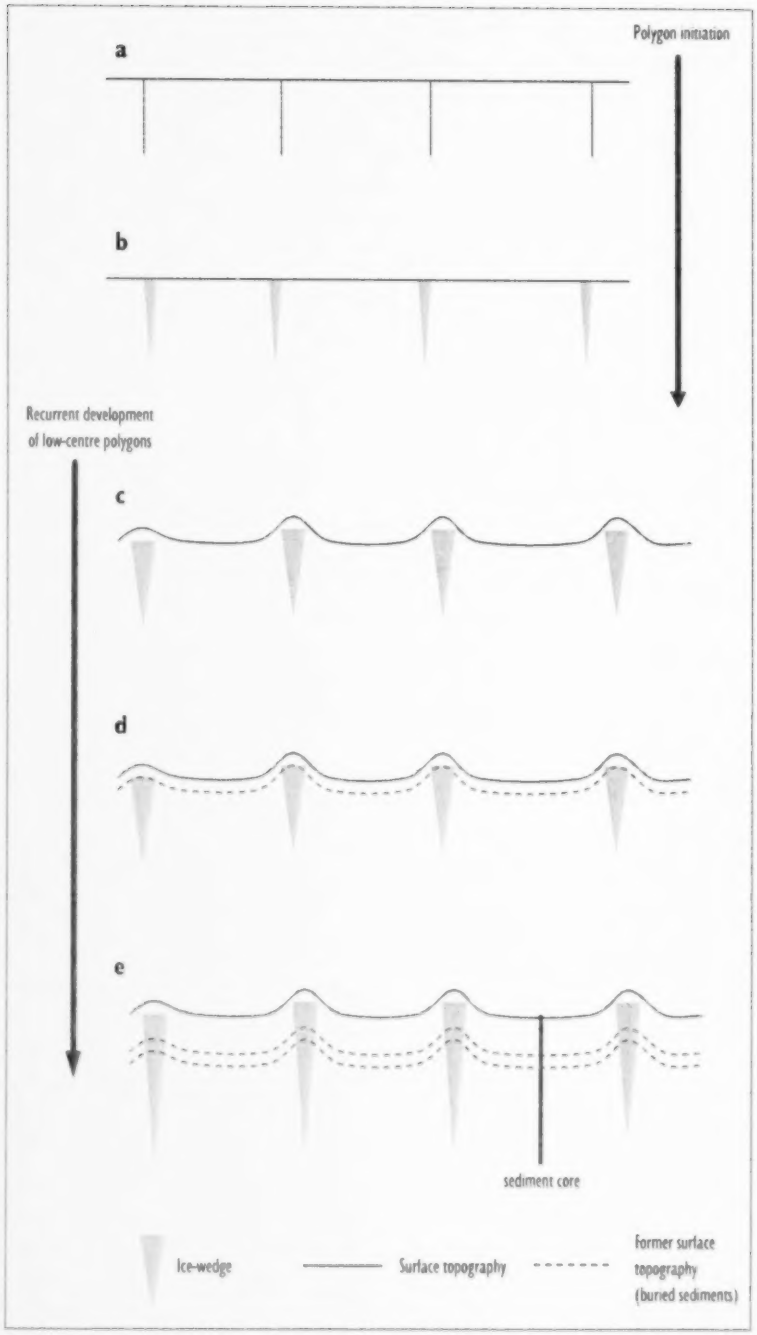


Figure 3
Scheme to summarise the initiation and recurrent development of low-centre polygons (see text, Polygon-development and palaeoecological reconstruction, for a process description).

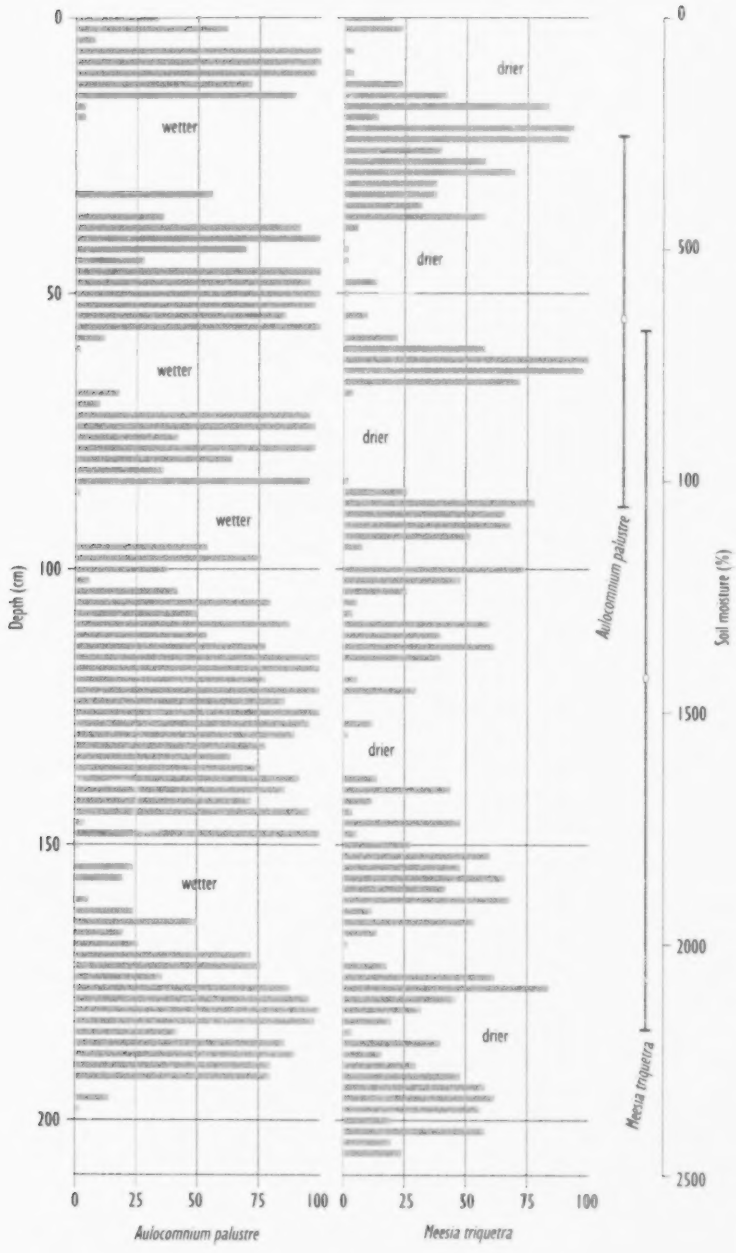


Figure 4

Summary palaeoecological record for two contrasting moss species: *Aulocomnium palustre* and *Meesia triquetra*. Ecological analysis demonstrated a clear difference in the soil moisture optima and tolerance range of each species. This information can be used to infer past changes in soil moisture during polygon development, *i.e.*, as sediments accumulated.

cut into 2cm slices and moss-remains were extracted and analysed from each slice (horizon). Small samples of moss were collected from different horizons and radiocarbon-dated, providing a time-frame for polygon development.

VEGETATION CHANGE DURING POLYGON DEVELOPMENT

The record of moss-remains demonstrated a striking variation in past vegetation during polygon development (Figure 4). The palaeoecological record was combined with ecological research to examine environmental factors controlling the distribution of mosses in the present-day polygon-complex. The ecological study demonstrated clear and predictable differences *spatially* between moss species growing in communities representative of drier conditions (mesic species) and moss species growing in communities representative of wetter conditions (hydric species). However, the palaeoecological record suggested that for a site in the centre of an individual polygon, equivalent ecological differences had occurred *temporally* during polygon development (Figure 4). Thus, the differences in moss species preserved in the sediments indicated recurrent shifts in polygon hydrology over time, as the polygon developed upwards and sediment accumulated.

CLIMATIC EFFECTS ON POLYGON DEVELOPMENT

We explored the possible effect of climate on polygon development by comparing the radiocarbon-dated vegetation record to independent palaeoclimatic proxies for the Eastern Arctic Archipelago (Bradley, 1990): five-year average values of percent melt in the stratigraphy of the Agassiz-84 ice core, Ellesmere Island (Koerner and Fisher, 1990) and five-year average values of $\delta^{18}O$ for the

Figure 5
Collecting a permafrost sediment core. The corer was custom built by Michel Allard (Université Laval), supervising (left), and is being operated by Daniel Fortier (to left) and Isabelle Duclos (to right). Photo: C. Ellis.

combined stratigraphies of two adjacent cores from the Devon Island ice cap (Paterson *et al.*, 1977). These provide proxies for past summer temperature (percent melt) and regional average annual temperature ($\delta^{18}O$).

We found that during one period only, leading up to and including the Little Ice Age (*ca.* 530–300 year BP), reconstructed vegetation and soil moisture change was pronounced and consistent across all the polygons examined, and correlated closely with ice core records of both percent melt and $\delta^{18}O$ (Ellis and Rochefort, 2004; Ellis and Rochefort, in press). In contrast, over the majority of the developmental period examined vegetation change was either (i) inconsistently related to proxy climate values or (ii) entirely unrelated to proxy climate values (Figure 6).

Figure 6
The strength of climate signals in the polygon palaeoecological records (compared to independent palaeoclimatic proxies; percent melt and $\delta^{18}O$). See Ellis and Rochefort (in press) for a complete analysis.

Strength of the climate signal	*Temporal occurrence across all cores*	*Period*
Shifts to drier or wetter palaeoecological conditions consistent across all polygon cores, associated with significantly higher/lower values of percent melt/$\delta^{18}O$, respectively	6% of the palaeoecological record (*ca.* 225 years)	Little Ice Age
Shifts to drier or wetter palaeoecological conditions not consistent across polygon cores, though associated with significantly higher or lower values of percent melt and $\delta^{18}O$	44% of the palaeoecological record (*ca.* 1710 years)	
No association between any of the polygon cores and the palaeoclimatic records	50% of the palaeoecological record (*ca.* 1950 years)	

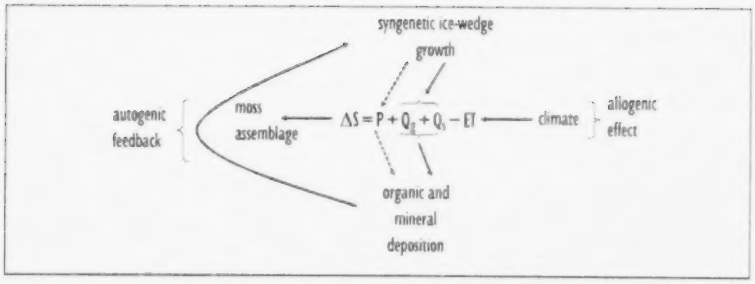


Figure 7
Diagram to show the effect of climate and geomorphology on the soil moisture of a plot within a wetland polygon. The hypothesised autogenic feedback effect between ice-wedge growth and sediment deposition is highlighted.

PERIGLACIAL GEOMORPHOLOGY AND POLYGON DEVELOPMENT

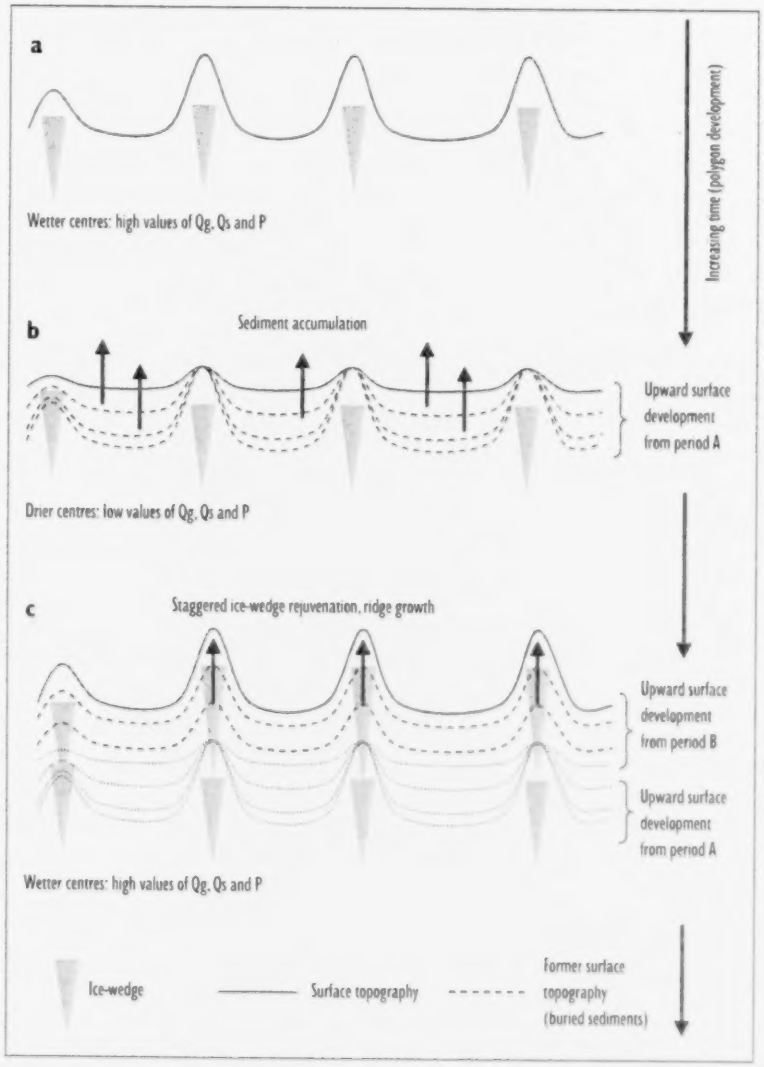
Periodic changes in reconstructed vegetation and soil moisture can be explained in the absence of a climatic influence (*ca.* 50% of the palaeoecological record [Figure 6]) by invoking the known mechanisms of periglacial geomorphology. Accordingly, the water balance (ΔS) of a plot within the centre of a given polygon can be approximated as:

$$\Delta S = P + Qg + Qs - ET \quad (1)$$

attributable to the dual mechanisms of climatic control and/or geomorphology (Figure 7). Climatic effects include precipitation (P) and evapotranspiration (ET). Geomorphology (*i.e.*, polygon topography) will control groundwater and surface-water input & output (Qg and Qs) and modify inputs from precipitation (P) as deeper low-centre polygons will accumulate more snow in winter and shallower polygons will be blown clear (Rovansek *et al.*, 1996; Young *et al.*, 1997). However, climatic control may also be indirect, through the effect on topography of ice-wedge growth (Kasper and Allard, 2001) which will in turn affect soil moisture (P, Qg and Qs) (Rovansek *et al.*, 1996; Young *et al.*, 1997).

Alternating wetter and drier conditions during polygon development can be explained if the topography of a polygon changes during its development, comprising periods during which it is deeper (higher ridges and lower centre) and, therefore wetter, intercalated by periods during which it is shallower (lower ridges and higher centre) and drier. These changes can be explained by a feedback between sediment accumulation, controlled by the input of organic and mineral material, and the upward growth of ice-wedges, which is limited by the rate of sediment accumulation (Figures 7 and 8). If wetter conditions correspond to periods when the amplitude

Figure 8
Scheme to demonstrate how a feedback between ice-wedge growth and sedimentation may explain periodic changes in polygon soil moisture, independently of a climatic influence.


a
Wetter centres: high values of Qg, Qs and P
Increasing time (polygon development)
b
Sediment accumulation
Upward surface development from period A
Drier centres: low values of Qg, Qs and P
c
Staggered ice-wedge rejuvenation, ridge growth
Upward surface development from period B
Upward surface development from period A
Wetter centres: high values of Qg, Qs and P
Ice-wedge
Surface topography
Former surface topography (buried sediments)

between a polygon's ridges and centre is relatively large (higher values for *Qg*, *Qs* and *P*) the upward growth of the syngenetic ice-wedges, and the continued development of ridges, will be limited during these wet periods by their height above the surrounding sediments (Figure 8a). Upward growth of ridges may slow or cease at a threshold height above the surrounding sediments, being rejuvenated only after a period during which sediments sufficient for continued ice-wedge growth have accumulated in the polygon centre. This intervening period of sediment accumulation will lower the amplitude between polygon ridges and centre, and, therefore, values of *Qg*, *Qs* and *P*, causing a shift to drier soil moisture conditions evident in the palaeoecological record as a dry moss community (Figure 8b). A process of staggered ice-wedge formation resulting in a chevron pattern of ice-wedge growth (demonstrated by field studies) might therefore explain recurrent shifts between wetter and drier conditions during the long-term development of low-centre polygons (Ellis and Rochefort, 2004).

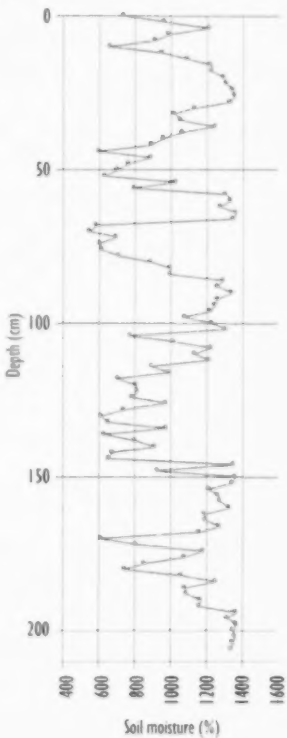
CLIMATIC RESPONSE MODIFIED BY LOCAL GEOMORPHOLOGY

Shifts to drier or wetter palaeoecological conditions are inconsistent between polygon cores over ca 44% of the palaeoecological record (Figure 4). During these periods wetter or drier conditions may be associated with contrasting higher or lower values of percent melt and $\delta^{18}O$ in adjacent polygons. Where a correspondence between palaeoecological and proxy-climatic records is contrasting across several cores it must be considered equivocal. Nevertheless, such a response may represent the modification of a regional climatic effect by local geomorphologic conditions. It is important to remember that past changes in soil moisture (dry-wet) explaining the periodic changes in moss communities (mesic-hydric) can be considered specific to individual polygons, *i.e.*, the ridges surrounding lower-centres are underlain by ice-wedges and act as a water-shed and barrier between adjacent polygons. Hence, if one polygon was in a dry state (*e.g.*, polygon b [Figure 8b] with lower ridges relative to and surrounding the polygon centre and low values of *Qg*, *Qs* and *P*) and one in a wet state (*e.g.*, polygon a [Figure 8a] with higher ridges relative to and surrounding the polygon centre and higher values of *Qg*, *Qs* and *P*) a shift to a wetter and cooler climate may be registered in polygon b though not in Polygon a, and *vice versa*. Thus, wetter and drier conditions in the palaeoecological record of soil moisture, which correspond between polygon cores to contrasting higher and lower palaeoclimatic proxy values, may point to an underlying long-term climatic influence, though modified where registered in individual cores by local geomorphologic conditions.

CONSEQUENCES OF PAST VEGETATION-HYDROLOGIC CHANGE

Several possible mechanisms have been presented to explain the observed changes in soil moisture during polygon development. Confirmation or refutation of these mechanisms, to establish their relative importance, is dependent on further palaeoecological study. However, regardless of the exact mechanism, there is little doubt that soil moisture conditions have changed dramatically during the development of the polygons, over decadal- to centennial-scales (Figure 9). These changes are important because soil moisture exerts a control on tundra ecophysiology through production, decomposition and nutrient cycling, regulating therefore the balance of CO_2 input and output. Experiments designed to explain the net effect of climate warming on soil moisture and the C-balance of tundra plots (Johnson *et al.*, 1996) support observational data demonstrating that a shift of soils from net C-input to C-output accompanies the recent drying of tundra habitats (Oechel *et al.*, 1993 and 1995; Weller *et al.*, 1995). A lowered water-table and increased thaw might be expected to accelerate the rate of soil decomposition (CO_2 source) over photosynthesis (CO_2 sink), so that the balance in tundra soils shifts from one of C-input or storage, to C-output, with a subsequent positive feedback effect on CO_2-induced global warming. The magnitude of change in reconstructed soil moisture during the development of the polygons is sufficient to infer variation in the functional role (CO_2 flux) of the wetland during its long-term development (Figure 9).

Figure 9
Soil moisture change during the development of a wetland polygon. The reconstruction is based on a weighted average regression of the moisture optima for 14 moss species (core BY-A, cf. Ellis and Rochefort 2004, in press).



CONCLUSIONS

Two major points are warranted by the results of our study:

1. Models to predict long-term change in the ecosystem function of terrestrial tundra habitats (including the effects of future global warming) may need to account for inherent variability during ecosystem development. Peat-rich soils associated with arctic wetlands have contributed a net sink for carbon during the Holocene and are estimated to store >97% of the tundra carbon reserve comprising *ca.* 180–190 × 10^{15}g of soil-C (Post *et al.*, 1982; Oechel and Vourtilis, 1994). Greater understanding of natural variability within and amongst arctic wetlands is essential to policy management of global carbon pools.
2. The mechanisms controlling soil moisture variation during polygon development, suggested by this study, should be confirmed or refuted. Our results suggest that short-term experiments may have neglected the important role of periglacial geomorphology in modifying the regional effect of climate at local scales. This is unusual, because vegetation patterns strongly related to geomorphology are an apparent feature of the tundra landscape. However, we also suggest that long-term polygon development may have been periodically impacted upon by pronounced climatic variability (*i.e.*, during the Little Ice Age). The corollary is that, given the expected magnitude of human-induced climate warming, even High Arctic ecosystems will be sensitive to future climate change. Nevertheless, predicting the effect of climate warming on High Arctic wetlands may require a greater understanding of the interaction between the vegetation-soil system and periglacial processes.

Christopher Ellis's main research interest is the structure and dynamics of ecological communities (especially mosses and lichens). Now based at Royal Botanic Garden Edinburgh (UK), Chris maintains close ties with Dr. Line Rochefort and her research group at Université Laval, Quebec.

Acknowledgements

The opportunity to carry out palaeoecological research examining the development of the Bylot Island polygon complex was as a post-doctoral scholarship (1999–2001; funded by NSERC, FCAR, Centre d'études nordiques and Faculté des sciences des l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval) to work with Line Rochefort as part of Gilles Gauthier's "Goose Camp" team. The interdisciplinary team, mostly from Université Laval, Québec, visits the island annually, working out of a small camp to study diverse aspects of High Arctic ecology. It was a privilege to spend two summers with them in a truly wonderful place.

References

Allard, M., 1996. Geomorphological changes and permafrost dynamics: key factors in changing arctic ecosystems. An example from Bylot Island, Nunavut, Canada. *Geoscience Canada*, 23, 205–212.

Bradley, R.S., 1990. Holocene paleoclimatology of the Queen Elizabeth Islands, Canadian High Arctic. *Quaternary Science Reviews*, 9, 365–384.

Ellis, C.J. and L. Rochefort, 2004. Century-scale development of polygon-patterned tundra wetland, Bylot Island (73°N, 80°W). *Ecology*, 85, 963–978.

Ellis, C.J. and L. Rochefort, in press. Long-term sensitivity of a High Arctic wetland to Holocene climate change, Bylot Island (73°N, 80°W). *Journal of Ecology*.

Johnson, L.C., G.R. Shaver, A.E. Giblin, K.J. Nadelhoffer, E.R. Rastetter, J.A. Laundre, and G.L. Murray, 1996. Effects of drainage and temperature on carbon balance of tussock tundra microcosms. *Oecologia*, 108, 737–748.

Kasper, J.N. and M. Allard, 2001. Late-Holocene climatic changes as detected by the growth and decay of ice wedges on the southern shore of Hudson Strait, northern Québec, Canada. *Holocene*, 11, 563–577.

Koerner, R.M. and D.A Fisher, 1990. A record of Holocene summer climate from a Canadian high-arctic ice core. *Nature*, 343, 630–631.

Oechel, W.C., S.J. Hastings, G. Vourtilis, M. Jenkins, G. Riechers and N. Grulke, 1993. Recent change of arctic tundra ecosystems from a net carbon dioxide sink to a source. *Nature*, 361, 520–523.

Oechel, W.C., G.L. Vourtilis, S.J. Hastings and S.A. Bochkarev, 1995. Change in arctic CO_2 flux over two decades: effects of climate change at Barrow, Alaska. *Ecological Applications*, 5, 846–855.

Paterson, W.S.B., R.M. Koerner, D. Fisher, S.J. Johnson, H.B. Clausen, W. Dansgaard, P. Bucher and H. Oeschger, 1977. An oxygen-isotope climatic record from the Devon Island ice cap, arctic Canada. *Nature*, 266, 508–511.

Rovansek, R.J., L.D. Hinzman and D.L. Kane, 1996. Hydrology of a tundra wetland complex on the Alaskan arctic coastal plain, U.S.A. *Arctic and Alpine Research*, 28, 311–317.

Weller, G., F.S.Chapin, K.R. Everett, J.E. Hobbie, D. Kane, W.C. Oechel, C.L. Ping, W.S. Reeburgh, D. Walker and J. Walsh, 1995. The arctic flux study: a regional view of trace gas release. *Journal of Biogeography*, 22, 365–374.

Wookey, P.A. and C.H. Robinson, 1997. Responsiveness and resilience of high arctic ecosystems to environmental change. *Opera Botanica*, 132, 215–231.

Young, K.L. M-K Woo and S.A. Edlund, 1997. Influence of local topography, soils, and vegetation on microclimate and hydrology at a high arctic site, Ellesmere Island, Canada. *Arctic and Alpine Research*, 29, 270–284.

THE *QAUJIVALLIANIQ INUUSIRIJAUVALAUQTUNIK* SUICIDE FOLLOW-BACK STUDY

Jack Hicks, Laurence Kirmayer and Gustavo Turecki

Rising rates of suicide, particularly by Inuit in their teenage years and early 20s, became a major concern in the Central and Eastern Arctic in the last few decades (see Figures 1 and 2). While historically some adult Inuit would decide to take their lives for various reasons, the seemingly unexplainable deaths of young people by their own hands was a new and devastating phenomenon.

Not surprisingly, suicide in Nunavut and other Inuit communities has attracted considerable attention and generated much speculation about possible mechanisms accounting for the increasing rates. However, surprisingly little is known about suicide risk factors based on empirical data, and unfortunately there is a common misconception that considerable research focusing on Inuit suicide has been carried out with no tangible results on suicide prevalence. This is, however, not the case, and is based on assumptions that have been presented as facts.

In 2005 a Member of Nunavut's Legislative Assembly asked, "How come when a suicide happens in Correctional Centres, there is an inquiry that goes on? How come we do not do that to the other suicides that happen in the homes? Perhaps we should try and find out what the background was of that person who committed suicide."

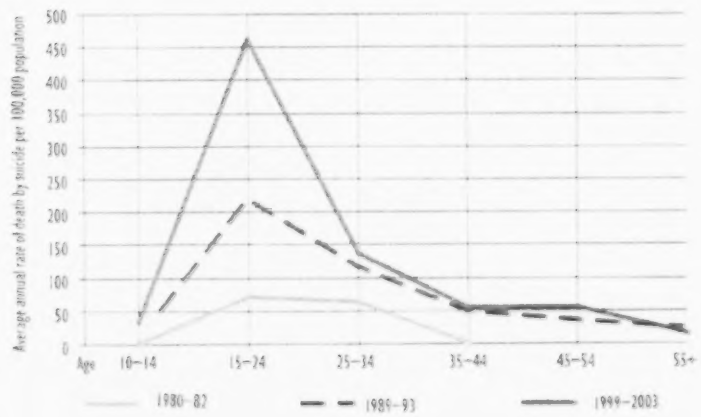
Precisely to address these and other questions, this fall we began one of the most ambitious mental health research projects ever undertaken in the Arctic. The *Qaujivallianiq inuusirijauvalauqtunik* ("Learning from lives that have been lived") follow-back study will attempt to identify the risk and protective factors specific to the Inuit of Nunavut, as well as other data that can assist efforts to reduce the territory's tragically high suicide rate.

A follow-back study (often referred to as a "psychological autopsy" study in the medical literature) is a way to learn more about the risk factors and preventive factors for suicide in different populations. Follow-back studies have been conducted in many different parts of the world, but never in northern Canada.

Since we cannot interview suicide victims themselves, we will conduct detailed and structured interviews with the victim's

Figure 1
Average annual rate of death by suicide, Nunavut Inuit and Canada, 1981 to 2003. Source: Offices of the Chief Coroners of the Northwest Territories and Nunavut, and Statistics Canada.

Figure 2
Changes in suicide rates by age cohort from 1980 to 2002. Source: Offices of the Chief Coroners of the Northwest Territories and Nunavut, and Statistics Canada.



family and friends to understand the details of his or her life – from birth to death. We will also ask about family and individual life stories in great detail. We will ask about such things as family history, medical history, experiences at school and work, relationship history, alcohol and drug use, traumatic life events, previous suicide attempts, etc. We have tried to include everything that has been mentioned as possibly contributing to suicide in Nunavut.

When we look at the details of many lives that were cut short by suicide, we can begin to notice patterns. This information can help us to design more effective suicide prevention and intervention programs. In Finland, for example, the results of a major follow-back study resulted in the development of a national suicide prevention strategy consisting of a range of targeted initiatives as well as strategies for more effective inter-agency efforts. The significant decrease in death by suicide over the past decade in Finland may well be attributable to this strategy, and to the research on which it was based.

Our research team will interview people who have attempted suicide in the past, but who are still alive – and also their family and friends. This will help us learn more about the factors that make a difference in peoples' lives after they attempt suicide. We will also be conducting the same types of interviews with Nunavummiut who have never attempted suicide, and their family and friends, for comparison purposes.

Participation in the study is completely voluntary. A letter of consent signed by both the interviewer and each individual participant will confirm the participant's informed consent to be interviewed and provide a written guarantee of the confidentiality of the interview results.

The *Isaksimagit Inuusirmi Katujjiqatigiit* (Nunavut's "Embrace Life Council"), the Government of Nunavut, Nunavut Tunngavik Inc., the Royal Canadian Mounted Police, and the Chief Coroner of Nunavut all strongly support this study, which has been approved by an Ethics Review Board and granted a scientific research license by the Nunavut Research Institute (NRI).

The study is being conducted by researchers from Nunavut working with the McGill Group for Suicide Studies (MGSS), one of Canada's leading suicide research bodies. The MGSS recently completed a follow-back study of all suicides in New Brunswick during a one-year period, and the results have resulted in the provincial government strengthening aspects of its mental health services.

Funding for this study has been provided by the Canadian Institutes of Health Research, an arms-length granting agency of the Government of Canada, through a special grant competition focused on Aboriginal suicide.

The study began in 2005, and is expected to take four to five years to complete. Some preliminary results will be available before then.

The progress of the study will be reviewed in a quarterly newsletter, and on the MGSS website. The conclusions of the study will be distributed widely throughout Nunavut, in particular to partner organizations and to all Nunavummiut who agreed to be interviewed.

Jack Hicks is the Nunavut Follow Back Study Project Manager; Laurence Kirmayer, MD, is the Director of the Division of Social and Transcultural Psychiatry at McGill University; Gustavo Turecki, MD, PhD, is the Director of the McGill Group for Suicide Studies.

BOOK REVIEW

Susan Rowley

Do Glaciers Listen? Local Knowledge, Colonial Encounters, and Social Imagination, by Julie Cruikshank. Vancouver: University of British Columbia Press, 2005.

The Glaciers of the Mount St. Elias range are, without doubt, one of the most remarkable natural features of the world. They surge and retreat with exultant, unanticipated rapidity, tearing across the landscape and altering it with abandon and total disregard for humans.

These glaciers are the stage for Julie Cruikshank's new work, which examines the differing perceptions and constructions of the natural world by indigenous peoples, explorers and scientists. It is a philosophical treatise on the nature of knowledge and the ability of one culture to understand another.

Glaciers are used as a metaphor for the constantly changing history of this region. The glaciers' comings and goings form an important part of the story but they are not as crucial as the comings and goings of people, their interactions and the way that they, through their actions, alter the social and political landscape of the region.

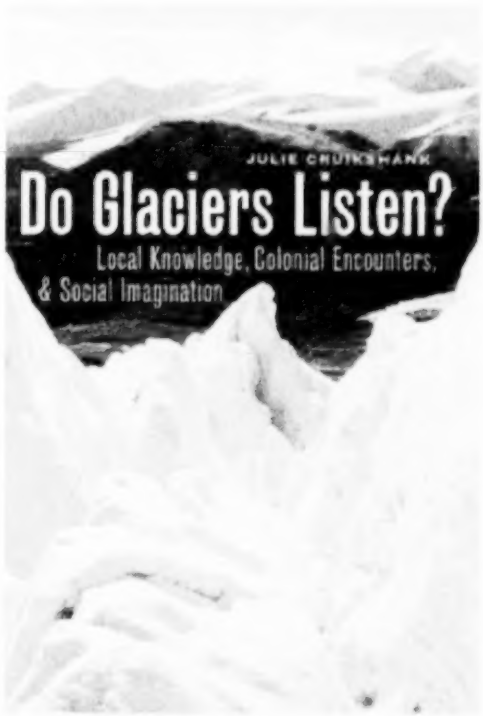
Do Glaciers Listen? is divided into three parts: Matters of Locality; Practices of Exploration; and Scientific Research in Sentient Places. In Matters of Locality the reader is introduced to the time before the industrial revolution when western cultures were more attuned to nature and viewed glaciers

as prescient beings meting out justice to social transgressors. Recent events have shown that the need to find meaning behind seemingly inexplicable events has by no means disappeared: consider the view expressed by some that the ravages of Hurricane Katrina on New Orleans were a punishment inflicted by an angered God on a city of sin. It appears that, even in the 21st century, western science does not in fact permeate very deeply into the fabric of our culture.

Practices of Exploration looks at the contact zone between the aboriginal inhabitants of the region and visitors from outside. Cruikshank delves into the differences and her argument is convincing as she examines the colliding worldviews which come so close to mutual understanding at times and yet are driven apart at others. How profoundly is a worldview shaken when outsiders arrive, act in ways contrary to local belief systems, and yet escape unscathed? What realignments are made and what new realities constructed to adjust to these new circumstances?

Scientific Research into Sentient Places is the third and final section of this volume. In the last chapter the author poses the question of how proximate – and yet how distant – the worldviews of today are. She also explores the difficult issues of integrating local knowledge with scientific knowledge that are highlighted by today's rapidly melting glaciers. Finally, Cruikshank warns against the pitfalls of attempting to integrate different kinds of knowledge into a blend that is not satisfying to either.

Do Glaciers Listen? is an amalgamation of previously published pieces and chapters written for this book. Such works almost inevitably suffer from their very nature as stitched together pieces where the warps and wefts may not always align to create a clear picture. This is not the case here. What may at first glance appear an interesting digression turns out to be central to the thesis. One example is the strange tale of "Edward James Glave, the Alsek and the Congo", a story so fascinating you can't help but forgive the author this apparent indulgence. And yet, while the intriguing question of Glave's possible influence on Joseph Conrad's seminal work *Heart of Darkness* is an aside, the central theme of the article – the way external forces inevitably shape and reshape outsiders' perceptions – lies at the very heart of this book.



NEW BOARD MEMBERS AT THE POLAR COMMISSION

The Canadian Polar Commission thanks outgoing Board members Peter Johnson, Michael Robinson, and Richard Binder for their many contributions over the past six years. The Commission also extends a warm welcome to new members Tom Hutchinson (Chair) Ron Macnab, Susan Rowley, and François Trudel (Vice Chair).

Perhaps the crucial word in the title is "Listen". The reader must listen carefully to the words as spoken by others in this beautifully crafted book. Cruikshank, as in her earlier works, allows aboriginal people's words to speak for them, and avoids covering them with her own interpretations. However, this is not the case for the words of outsiders such as explorers, around whom the author carefully constructs a context within which to interpret their words. This is one of the few imbalances in the book.

Do Glaciers Listen? is a fascinating read. Cruikshank's discussion of how encounters shape and create perceptions of the world, and how layers of meaning are forced onto landscapes by peoples is thoroughly thought provoking. This book is highly recommended for scientists, anthropologists, historians, and everyone with an interest in the social construction of landscapes.

Susan Rowley is Curator of Public Archaeology at U.B.C.'s Museum of Anthropology and assistant professor in the Department of Anthropology and Sociology. She is also a member of the Board of Directors of the Canadian Polar Commission.

HORIZON

Arctic Science Summit Week
March 22–29, 2006
Postdam, Germany
www.iasc.no/

Arctic Change and Coastal Communities
August 12–18, 2006
Tuktoyaktuk, Northwest Territories
www.czc06.ca/e/home.html

The 15th International Inuit Studies Conference: Orality in the 21st century. Inuit discourse and practices
October 26–28, 2006
Musée du Quai Branly, Paris, France
Organized by: National Institute for Oriental Languages and Civilizations (INALCO) and National Center for Scientific Research (CNRS)
Michèle Therrien (michele.therrien@inalco.fr)

NEW BOOKS

Arctic Clothing, *by J.C.H. King, Birgit Pauksztat, and Robert Storrie. Natives, anthropologists, and historians look at contemporary and traditional clothing in the north. McGill-Queens University Press (ISBN 0773530088).*

In the Arctic, sea and land animals provide the raw materials for garments that allow people to hunt and survive in the world's harshest conditions. Arctic Clothing, developed from a conference held at the British Museum, showcases the work of native artists and skin sewers in an exploration of the ways in which clothing connects native societies to the environment and the continuing importance of animals, birds, and fish to these communities.

J.C.H. King is responsible for the North American collection, Department of Ethnography, the British Museum Birgit Pauksztat is the Thaw Special Assistant, department of Ethnography, the British Museum. Robert Storrie is a former assistant in the Department of Ethnography, the British Museum.

– McGill-Queens University Press

MERIDIAN
is published by the Canadian Polar Commission.

ISSN 1492-6245
© 2005 Canadian Polar Commission

Editor: John Bennett
Translation: Suzanne Rebetez
Design: Eiko Emori Inc.

Canadian Polar Commission
Suite 1710, Constitution Square
360 Albert Street
Ottawa, Ontario
K1R 7X7

Tel.: (613) 943-8605
Toll-free: 1-888-765-2701
Fax: (613) 943-8607
E-mail: mail@polarcom.gc.ca
www.polarcom.gc.ca

The opinions expressed in this newsletter do not necessarily reflect those of the Canadian Polar Commission.

AUTOMNE/HIVER 2005

MÉRIDIEN

Plaidoyer pour les dirigeables dans l'Arctique canadien 1

Insectes de l'Arctique canadien 9

Crédits pour l'Année polaire internationale 9

La toundra changeante – paléoécologie de l'Extrême-Arctique 13

Étude rétrospective *Qaujivallianiq inuusirijauvalauqtunik* sur le suicide 21

Critique de livres 22

Nouveaux membres du conseil d'administration de la Commission canadienne des affaires polaires 23

Horizon 24

Nouveaux livres 24

PLAIDOYER POUR LES DIRIGEABLES DANS L'ARCTIQUE CANADIEN

Terry A. Dick et Colin Gallagher

INTRODUCTION

Pour ceux d'entre nous qui font de la recherche dans l'Arctique, il est bien évident que des travaux de prospection extensive sont en cours et que les effets du changement de climat dans la région deviennent plus apparents[1]. Il est bien évident aussi que pour les habitants de la région le coût des articles de base nécessaires à la vie quotidienne, comme les produits d'épicerie et l'essence, ainsi que les matériaux de construction, les véhicules adaptés à la neige, les moteurs hors-bord et les bateaux, est élevé. Vu les récentes tendances du prix du pétrole qui a dépassé 60 $ le baril et les hausses encore plus fortes du coût des transports qui s'annoncent, il est sûr que le coût de la vie augmentera. Si on ajoute à ces prévisions le fait que l'Arctique est l'endroit où la population augmente le plus rapidement au pays, ainsi que les préoccupations à propos de la souveraineté canadienne et des nouvelles richesses résultant de l'exploitation des ressources non renouvelables, on constate qu'une nouvelle planification ingénieuse à long terme s'impose pour les gens du Nord, notamment pour les collectivités de l'Arctique.

Dans le Nord canadien, il existe trois principaux modes de transport : par bateau et chaland durant la période où les cours d'eau sont navigables; par aéronef à voilure fixe pendant toute l'année; et par camion pour les chargements en vrac s'il y a des routes permanentes ou praticables l'hiver. Le transport par bateau est relativement économique mais limité aux zones d'eau libre, et il pourrait être affecté par les glaces marines si la tendance au réchauffement se maintient. Certaines routes maritimes pourraient alors devenir plus dangereuses à court terme (comm. pers. de N. Mathur). En outre, à cause du dégel printanier tardif ou du mouvement imprévu des glaces au cours d'une année, le matériel de construction essentiel expédié par bateau peut arriver trop tard pour qu'on puisse entreprendre les travaux durant l'été arctique. Le matériel se trouve alors bloqué pendant une autre année. L'utilisation d'aéronefs à voilure fixe coûte cher, et la faillite récente de plusieurs transporteurs aériens montre bien les répercussions de la hausse du prix du pétrole sur les bénéfices nets, même dans les zones très peuplées. L'aéronef à voilure fixe est malheureusement la seule option pour les déplacements durant toute l'année et la livraison des biens essentiels aux résidents des collectivités nordiques isolées, et les frais de transport continuent d'augmenter.

Le Nord canadien et, dans une moindre mesure, les régions nordiques de la plupart des provinces ont un nombre limité de routes praticables en tout temps. Certaines régions comptent aussi des routes d'hiver. Et à peu près 70 % de la masse terrestre du Canada est dépourvue de routes[2]. La figure 1 montre les routes d'hiver existantes et celles qu'on a proposé de construire, au Canada. À cause du changement de climat, la période d'utilisation des routes d'hiver a diminué au cours de la

dernière décennie[3], et les problèmes d'entretien ont augmenté[2]. Ces facteurs conjugués à l'absence de routes d'hiver dans bon nombre de régions du Nord et au coût énorme de la construction de nouvelles routes permanentes rendent fort peu probable l'aménagement des nouvelles routes proposé.

Il faut savoir que de nombreuses routes entretenues par les industries minière et forestière ne font pas partie des réseaux routiers provinciaux ou territoriaux. Par conséquent, le réseau routier non permanent, au Canada, est beaucoup plus étendu que ce que montre la figure 1*, et les répercussions environnementales de cette situation sont élevées. Le Manitoba, le Nord-Ouest de l'Ontario, certaines parties du Nord de la Saskatchewan et les Territoires du Nord-Ouest (T.N.-O.) ont de nombreuses routes d'hiver. D'autres régions du Canada, comme les T.N.-O., le Nunavut et le Nunavik, n'ont pas de réseau routier, sauf pour quelques kilomètres dans chaque collectivité. Par ailleurs, les nouvelles routes comme celle qu'on a proposé de construire à Bathurst Inlet (figure 1) desserviraient surtout les aires d'exploitation minière, et leur valeur permanente pour les collectivités du Nord serait minime. Une autre grande route dont la construction a été proposée le long du côté ouest de la baie d'Hudson desservirait plusieurs collectivités et peut-être des mines, mais son coût estimé entre 1,2 et 1,7 milliard de dollars est prohibitif. On ne sait pas qui paierait pour la construction et l'entretien annuel de ces routes[3].

La prospection, le mouvement du gros matériel lourd, la recherche fondamentale la gestion des ressources et de l'environnement ainsi que les questions de souveraineté exigent un mode de transport rentable (réduction du coût élevé de l'entreposage du carburant), pouvant assurer un lent déplacement au-dessus du paysage (mesures océanographi-

* L'information sur les routes d'hiver de la Colombie-Britannique et du Québec n'était pas fournie, et il n'y a pas de routes d'hiver au Nunavut.

Figure 1
Les parcs des territoires du Nord et des parcs fédéraux et les refuges d'oiseaux. Routes d'hiver existantes et celles qu'on a proposé de construire dans les Territoires du Nord-Ouest, au Nunavut, en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba et en Ontario.

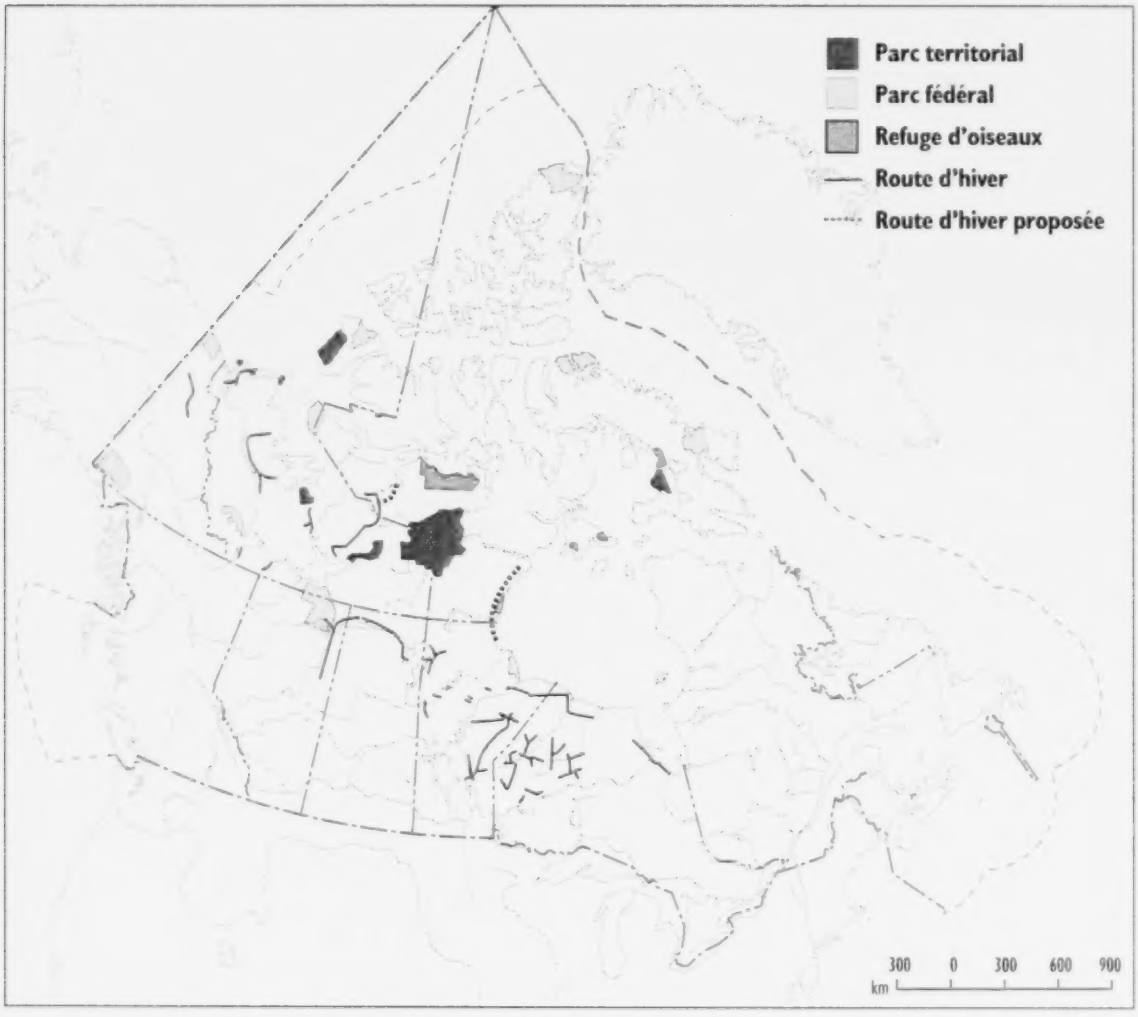


Figure 2
Le dirigeable spherique conçu par 21st Century Airships, de Newmarket, Ontario, convient à diverses applications. Il est actionné par un système électrique diesel silencieux et peut décoller et atterrir sur l'eau. Conception artistique de Eiko Emori à partir d'images fournies par 21st Century Airships et Peter Johnson.

ques, levés géologiques et géophysiques, étude des changements planétaires et recensement des espèces fauniques) très visible, qui aurait des répercussions minimes sur l'environnement, avec des véhicules qui circuleraient facilement sur la glace rugueuse, les cours d'eau et la surface terrestre.

Compte tenu des scénarios précités, il faut de toute évidence examiner d'autres options en matière de transport. L'une de ces options est le recours aux dirigeables. Bon nombre de gens sont sceptiques en ce qui a trait à l'utilisation de dirigeables, mais la plus grande partie de la population convient que ces engins ont une infrastructure légère (ils sont eux-mêmes l'infrastructure), nécessitent peu d'entretien et consomment peu de carburant par rapport à d'autres véhicules. Une partie du malaise observé provient de l'impression que les dirigeables sont peu sûrs, impression due surtout au souvenir de l'incendie du zeppelin *Hindenburg* et au fait qu'il utilisait de l'hydrogène.

Cet article présente une perspective historique de l'exploration de l'Arctique à l'aide de dirigeables, décrit certaines technologies (actuelles et anciennes) en rapport avec les « plus léger que l'air » et fait une brève comparaison des coûts d'exploitation. Il explique les éventuels avantages des dirigeables pour la recherche environnementale et la gestion des ressources naturelles dans l'Arctique, et il évalue les conditions météorologiques du Nord en rapport avec le fonctionnement des dirigeables, car cette question préoccupe continuellement ceux qui ont des doutes sur leur utilisation dans le milieu arctique « hostile ».

EXPLORATION DANS LE PASSÉ

Les dirigeables ne sont pas une nouveauté dans l'Arctique. Il y a plus d'un siècle, plusieurs explorateurs ont utilisé des ballons ou des dirigeables pour se rendre au pôle Nord. Le premier est le Suédois Salmon August Andree

(1856–1897) dont la tentative de vol en ballon gonflé à l'hydrogène a échoué parce que le gaz traversait le tissu et à cause du poids exercé par les gouttelettes d'eau et la glace sur le ballon[4]. Un Américain, Walter Wellman (1858–1934), a dirigé cinq expéditions entre 1894 et 1909. En 1907 et 1908, il a utilisé des dirigeables motorisés dans l'Arctique[4]. Un appareil italien piloté par Umberto Nobile a volé au-dessus du pôle Nord avec le célèbre explorateur norvégien Roald Admundsen à bord. Les dirigeables ont été utilisés comme plates-formes d'observation et pour la surveillance anti-sous-marine durant les deux guerres mondiales. Cette pratique a atteint un sommet dans les années 1940. Le dernier dirigeable américain qui a traversé le cercle arctique l'a fait en 1958. Peu après, la marine américaine a cessé d'utiliser ces appareils.

TECHNOLOGIES ANCIENNES ET TECHNOLOGIES ACTUELLES

Bon nombre de dirigeables ont été construits entre le début et le milieu du vingtième siècle. Durant la Première Guerre mondiale, par exemple, 300 dirigeables non rigides britanniques ont protégé les convois des Alliés. Le *Hindenburg*, construit par la société Zeppelin et dont le premier vol remonte à 1936, était le plus gros dirigeable jamais construit. Il contenait 7 062 000 pieds cubes d'hydrogène, ce qui lui donnait un poids total au départ de 242,2 tonnes et une charge utile de 112,2 tonnes. Sa conception était originale même d'après les normes actuelles, car les passagers étaient embarqués dans l'énorme coque, au lieu d'être placés dans une nacelle. Le *Hindenburg* a connu une fin tragique, même si au début ses propriétaires avaient prévu utiliser de l'hélium ininflammable.

Aujourd'hui, douze entreprises (dix pays) fabriquent des appareils à charpente rigide ou semi-rigide, en forme de cigare ou de sphère. Des matériaux composites modernes conçus pour d'autres usages sont maintenant appliqués aux dirigeables. Ces nouveaux produits incluent les lamelles à trois couches, soit une couche étanche qui retient le gaz, une couche en polyester qui assure la stabilité et une couche en polyuréthane adaptée au soudage thermique, qui sert à assembler les panneaux de lamellés. De nouveaux moteurs commandés par ordinateur ajustent les paramètres d'hélice pour maintenir l'altitude avec une poussée ascendante, permettre le vol stationnaire et incliner l'appareil face au vent. Aujourd'hui l'hélium est le gaz préféré, et comme le Canada est le troisième producteur d'hélium (2 milliards de m^3 par année), une pénurie d'hélium est peu probable. On envisage l'utilisation de panneaux solaires et de réservoirs de carburant pour réduire davantage les coûts énergétiques. Deux dirigeables offerts de nos jours pour les essais et la certification par temps froids sont le Zeppelin NT fabriqué par Zeppelin Luftschifftechnik GmbH (ZLG) à Friedrichshafen, Allemagne, et un dirigeable sphérique construit par la 21st Century Airship Inc. de Newmarket, Ontario, Canada.

ÉVALUATION ÉCONOMIQUE

La meilleure évaluation économique pour l'utilisation de dirigeables et les comparaisons avec les autres modes de transport est celle qui a été faite par Barry Prentice et ses collègues à l'Institut des transports de l'Université du Manitoba. Le potentiel d'utilisation de dirigeables pour le transport de marchandises dans l'Arctique, par exemple dans le cadre de l'exploitation de la mine d'Izok Lake (route de Bathurst Inlet) dans les Territoires du Nord-Ouest, est bien documenté[5,6]. Une route praticable en tout temps de 265 km, qui mènerait à la mine, coûterait 250 millions de dollars. Il n'est pas nécessaire d'avoir des routes pour utiliser des dirigeables. En supposant qu'un dirigeable d'une capacité de 84 tonnes (l'équivalent de deux camions-citernes Super B) serait utilisé 260 jours par année, on pourrait transporter 78 des 180 millions de litres de carburant dont la mine a besoin chaque année. Le coût du dirigeable a été estimé à 60 millions de dollars, incluant le remplacement de l'enveloppe après dix ans, et son amortissement serait étalé sur vingt ans (estimation très prudente). Les frais d'assurance ont été estimés à 1,75 million de dollars par année. Les économies attribuées à la réduction de l'entreposage à long terme atteindraient 5 millions de dollars par année. On a aussi prévu un rendement sur l'investissement de 10 % après une période d'utilisation de 245 jours, et après 320 jours d'utilisation la mine réaliserait une économie supplémentaire de 4 millions de dollars[7].

On a aussi comparé les coûts pour le transport des marchandises par dirigeable vers les petites collectivités du Nord du Manitoba actuellement desservies par des routes d'hiver[7]. Le coût par tonne de marchandises, à lui seul, pour un dirigeable d'une capacité de 30 tonnes dépassait le coût du transport routier des marchandises. Si on incluait les passagers, le coût serait semblable à celui du transport par camion. Le coût pour les dirigeables d'une capacité de 150 tonnes était inférieur d'environ 40 % à celui des camions. Même s'il faut considérer d'autres variables comme la vitesse anémométrique par rapport à la capacité de transport, la distance parcourue et la consommation de carburant, l'analyse précitée montre que les dirigeables offriraient vraisemblablement une option compétitive par rapport aux réseaux de transport par les routes d'hiver. Dans une grande partie de l'Arctique, où il n'y a pas de routes d'hiver, les avions ne pourraient concurrencer les gros dirigeables.

QUESTIONS ENVIRONNEMENTALES

Les dirigeables pourraient être très utiles à la gestion de la faune. Les parcs nationaux sont très étendus, et leur accès est souvent difficile et coûteux (figure 1). L'information fournie sur les sites Internet des gouvernements fédéral et provinciaux indique que les principales espèces de mammifères gérées dans le Nord incluent le grizzly, le bœuf musqué, l'ours polaire, le caribou, le mouflon de Dall, le morse, le bélouga, la baleine boréale, le phoque commun, le phoque annelé, le phoque à crête et le phoque du Groenland. Une grande partie du Nord canadien, notamment les portions nordiques des provinces, est utilisée par les espèces de gros mammifères (figure 3). Les dirigeables pourraient même

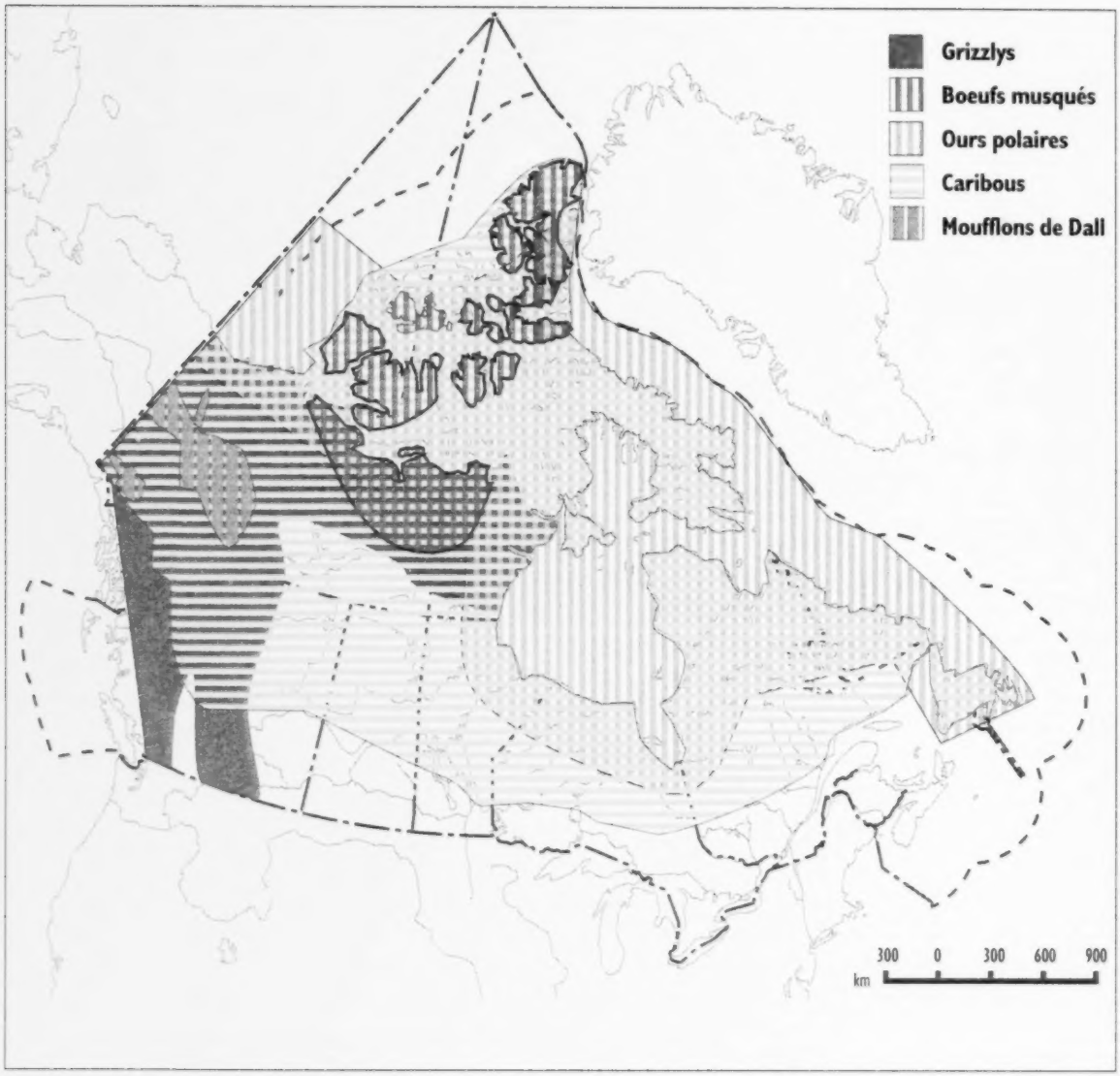


Figure 3
Répartition spatiale des grizzlys, boeufs musques, ours polaires, canbous et moufflons de Dall au Canada.

servir aux études sur le caribou des bois et l'orignal, dans les régions boréales. On pourrait suivre à la trace les migrations des troupeaux de caribous et les mouvements des ours polaires, des grizzlys de l'Arctique et des baleines sans faire une intrusion directe dans leur habitat. Les autres espèces de mammifères marins, réparties sur un vaste territoire dans l'Arctique, pourraient être étudiées pendant toute l'année, même en période de débâcle.

Les dirigeables pourraient servir de plates-formes stationnaires pour documenter, par la photographie et d'autres méthodes, l'interaction entre les espèces sur les bords de la banquise. On pourrait facilement enregistrer les mouvements des animaux lorsqu'ils se déplacent entre la mer, la glace et la terre ferme, en perturbant très peu les animaux et l'environnement. Les études sur les baleines à l'aide d'un avion Twin Otter nécessitent un ravitaillement tous les six heures et une vitesse anémométrique d'environ 100 nœuds. Mais un dirigeable peut demeurer en vol stationnaire sans être vu; il constitue une plate-forme stable qui se déplace lentement pour la photographie et peut demeurer en altitude beaucoup plus longtemps. Des données d'études sur les animaux peuvent être obtenues à des endroits où la glace rend le transport de surface périlleux. En fait, on peut assurer la surveillance continue des glaces instables, et au besoin les dirigeables pourraient servir aux opérations de sauvetage durant les périodes où la chasse est la plus intense.

La répartition des espèces importantes pour les collectivités du Nord indique que l'ensemble des régions nordiques du Canada doit être accessible à des fins de recensement, d'exploitation et de gestion des ressources. Les dirigeables changeraient la façon dont nous considérons et gérons les mammifères et les

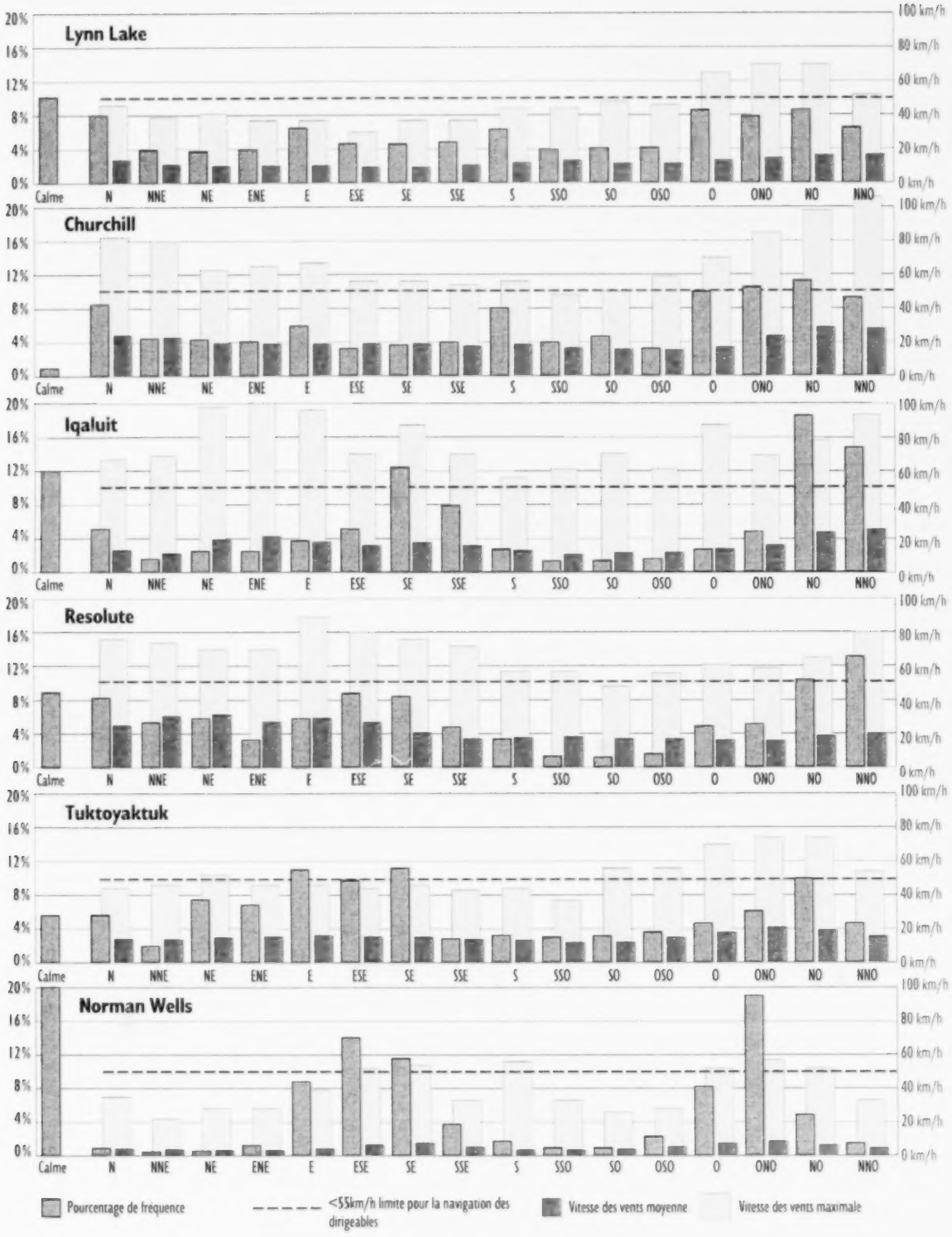


Figure 4

Le pourcentage de frequence pour la direction des vents et leur vitesse moyenne dans six collectivites de l'Arctique canadien entre 1994 et 2004. Le nombre total de jours pour lesquels on a obtenu des donnees est indique.

oiseaux de l'Arctique. À l'évidence, ils pourraient permettre un accès économique aux régions les plus éloignées à l'année longue et faciliter les évaluations plus précises. Si les déplacements pour assurer la subsistance et la chasse à des fins de préservation pouvaient être combinés à la gestion des ressources et à l'écotourisme, les dirigeables pourraient rendre de vastes zones du Nord beaucoup plus accessibles, tout en ne perturbant guère l'environnement.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Le Nord est considéré comme un milieu inhospitalier, et souvent on suppose que les conditions difficiles sont un obstacle majeur à l'utilisation des dirigeables. Pour examiner certaines de ces préoccupations, on a analysé les données météorologiques horaires (du 1er janvier 1994 au 31 décembre 2004) propres à six endroits du Nord canadien (Lynn Lake et Churchill, Manitoba; Iqaluit et Resolute, Nunavut; Tuktoyaktuk et Norman Wells, Territoires du Nord-Ouest). Les données brutes ont été fournies par les Services météorologiques d'Environnement Canada. Les variables analysées comprenaient toutes les combinaisons possibles des éléments suivants : bruine, bruine verglaçante, brouillard, brouillard givrant, cristaux de glace, brouillard glacé, granules de glace, neige, poudrerie élevée, neige en grains, neige roulée, averse de neige et fumée.

Le nombre de jours où les conditions ne se prêtaient pas au vol comprenait le nombre de jours entre 1994 et 2004 où la distance de visibilité était inférieure à deux kilomètres et où la vitesse des vents atteignait plus de 55 kilomètres à l'heure, ainsi que le nombre de jours où les conditions météorologiques incluaient un brouillard givrant, une pluie verglaçante ou une bruine verglaçante. La direction et la vitesse des vents dominants pour la même période ont été calculées pour tous les endroits (figure 4). Sur l'ensemble des variables météorologiques figurant au graphique pour la catégorie « conditions météorologiques défavorables » (figure 5) brouillard givrant, pluie et bruine comptaient pour la plus grande partie du pourcentage.

La figure 4 donne le pourcentage de fréquence pour la direction et la vitesse moyenne des vents à Lynn Lake, Churchill, Iqaluit, Resolute, Tuktoyaktuk et Norman Wells pour la période 1994–2004. La plupart des dirigeables peuvent fonctionner sous des vents d'une vitesse allant jusqu'à 55 km à l'heure, et d'après la figure 4 (voir lignes pointillées), les vents d'une vitesse supérieure à 55 km à l'heure sont relativement rares, sauf pour Iqaluit et Resolute. Les données montrent nettement que les vitesses moyennes des vents sont faibles pour les six endroits, mais il y a des jours où les dirigeables ne peuvent pas voler à cause des vents excessifs (figure 5). Si on utilise le seuil de 55 km à l'heure, il est évident, d'après la figure 4, que les grands vents soufflent dans toutes les directions. À l'exception de Resolute, qui compte pour 14 % du nombre total de 3997 jours perdus pour l'utilisation des dirigeables, le pourcentage de jours perdus pour cause de mauvais temps, atteignait moins de 8 % du nombre total de jours ayant fait l'objet d'une évaluation, pour toutes les variables météorologiques (figure 5). Apparemment, les dirigeables pourraient être utilisés pendant la plus grande partie de l'année dans l'Arctique canadien, car la météorologie ne semble pas être un facteur limitatif. Cependant, les systèmes de navigation qui permettraient d'effectuer des vols de nuit seraient essentiels si on veut faire un usage optimal des dirigeables, surtout durant les mois d'hiver.

Même si cette étude indique que les chances de succès des dirigeables sont élevées dans le Nord canadien, il reste plusieurs obstacles à surmonter, notamment : la nécessité de prouver que les dirigeables peuvent servir au transport régulier des marchandises et des personnes; les essais et la certification par temps froids; et la nécessité de mettre au point des dirigeables ayant une plus grande capacité de chargement. Le ministère de la Défense des États-Unis a déjà mis ce processus en branle; il a passé deux contrats de conception d'un dirigeable pouvant transporter 500 tonnes sur une distance de 12000 milles nautiques en sept jours. Les besoins canadiens sont moindres, mais à plus long terme on devra probablement avoir des dirigeables d'une capacité allant de 30 à 100 tonnes.

QUE POUVONS-NOUS FAIRE POUR INTRODUIRE LES DIRIGEABLES DANS LE NORD CANADIEN ?

Il faut d'abord que les Canadiens puissent exprimer leur désir de voir utiliser des dirigeables. Iso Polar Research Inc., un organisme à but non lucratif de Winnipeg, et le comité de parrainage des dirigeables dans le Nord de l'Institut de recherches du Nunavut, à Iqaluit, font la promotion du concept et de la mise à l'essai des dirigeables dans le Nord canadien. Mais une aide supplémentaire s'impose; l'industrie, les entrepreneurs, les collectivités du Nord, les politiciens, les gouvernements et les chercheurs pourraient participer à une initiative nationale. Nous devons trouver un moyen de financer une étude de faisabilité sur le transport par dirigeable.

On pourrait peut-être utiliser une part des redevances générées par l'extraction de pétrole, de gaz et d'autres minéraux pour aider les intéressés à concevoir un nouveau réseau de transport innovateur pour le Nord, ou tout au moins pour tester le concept de la technologie des dirigeables dans l'Arctique. Une partie des crédits prévus pour la mise en œuvre de l'Accord de Kyoto pourrait servir à financer la mise à l'essai des dirigeables dans le Nord et dans l'Arctique. Après tout, les dirigeables réduisent les émissions de gaz à effet de serre, utilisent beaucoup moins de carburant que les aéronefs conventionnels et laissent de bien plus petites « traces » sur l'environnement. Pourquoi ne pas utiliser une partie des 2,6 milliards de dollars que la population du Canada a obtenus de la vente des actions de Petro-Canada[8] ? Nous pourrions examiner la faisabilité du transport par dirigeable durant l'Année polaire internationale (2007–2008), quand le Canada montrera au monde entier son patrimoine arctique ainsi que ses initiatives et réalisations sur le plan social et scientifique dans le Nord. Pourrait-on afficher

un meilleur symbole de souveraineté que des dirigeables de la taille d'un navire de ligne, avec un drapeau canadien de 25 m peint sur leurs côtés, qui se déplaceraient à une altitude de 300–500 m au-dessus de la surface arctique, et qui en même temps réduiraient le coût du transport, augmenteraient l'accès à la région et n'auraient que des répercussions minimes sur l'environnement. Il n'est pas nécessaire de débloquer de nouveaux crédits pour évaluer les dirigeables dans le Nord, mais il doit y avoir une volonté nationale d'adaptation au 21e siècle pour que nous puissions léguer aux gens du Nord un moyen de transport qui prendra le relais lorsque les ressources non renouvelables auront été épuisées.

Terry Dick est professeur et Colin Gallagher technicien au Département de zoologie, Université du Manitoba. La recherche de T. Dick est subventionnée par une chaire de recherche nordique du CRSNG.

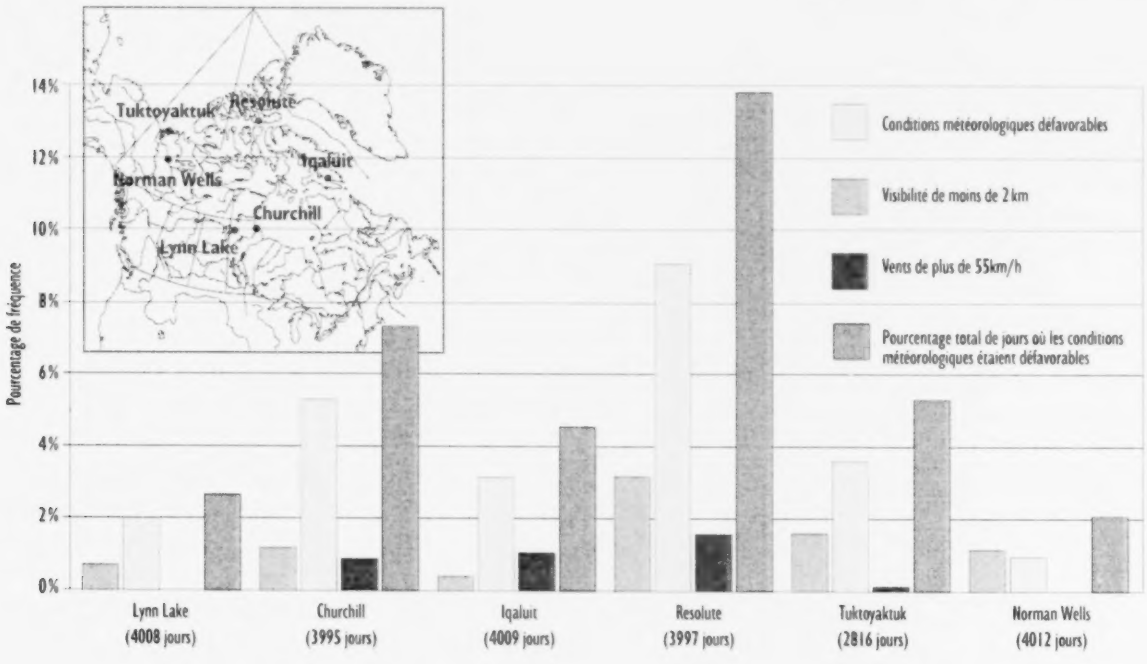
Remerciements

Nous remercions M. Garry Prentice de l'Institut des transports, Université du Manitoba, Mary Ellen Thomas, directrice intérimaire de l'Institut de recherches du Nunavut, à Iqaluit, et ses nombreux collègues qui travaillent dans les diverses régions du Canada, pour leur soutien et leur encouragement à notre recherche d'un mode de transport moins coûteux pour l'Arctique canadien.

Références

1. Johannesen, O.M., L. Bengtsson, M.W. Miles, S.I. Kuzmina, V.A. Semenov, G.V. Alekseev, A.P. Nagurnyi, V.F. Zakharov, L.P. Bobylev, L.H. Pettersson, K. Hasselmann et H.P. Cattle, 2004. Arctic climate change: observed and modelled temperature and sea-ice variability. Tellus A. 56 (4), 328–341.
2. Kuryk, Don, 2003. Seasonal transportation to remote communities – what if? Dans : *Airships to the Arctic: moving beyond the roads* (éd. B. E. Prentice, J. Winograd, A. Phillips et B. Harrison). Symposium II, 40– 50.
3. Prentice, Barry E. et Jim Thompson, 2004. Economics of airships for northern resupply. 5th International Airship Convention and Exhibition, Oxford Angleterre, CD-ROM.
4. Capelotti, P.J., 1999. *By Airship to the North Pole: an archaelogy of human exploration*. Rutgers Press, New Jersey, 209 p.
5. Althoff, W., 2003. *Potential arctic missions. In Airships to the Arctic: moving beyond the roads* (éd. B.E. Prentice, J. Winograd, A. Phillips et B. Harrison). Symposium II, 1–8.
6. Prentice, Barry E., 2003a. *Airship applications in the Arctic: preliminary economic assessment*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 3rd Aviation Technology Integration and Operation (ATIO) technical Forum: CD-ROM.
7. Prentice, Barry E., 2003b. Airship fuel tankers for northern resource development: a requirements analysis. *Actes de la 38e assemblée annuelle du Groupe de Recherches sur les Transports au Canada* : 592–606.
8. Dick, T.A., 2005. Environmental change and Arctic research. Dans : *Airships to the Arctic. Symposium III, Sustainable northern transportation* (éd. S. Cohen, B. Duncan and B.E. Prentice). Symposium III.

Figure 5
Pourcentage de fréquence pour les jours où les conditions ne sont pas propices au vol des dirigeables. Données pour la période 1994–2004.



INSECTES DE L'ARCTIQUE CANADIEN

Richard A. Ring

Un point de départ convenable pour un article sur les insectes de l'Arctique, au Canada, est la première expédition dans l'Arctique canadien, dirigée par Vilhjalmur Stefansson en 1913–1918. Celle-ci était parrainée par le gouvernement canadien; donc, la plupart des spécimens qui ont été recueillis (y compris les insectes et arthropodes apparentés) sont restés au Canada. Même si les expéditions scientifiques et exploratoires dans l'Arctique ont été nombreuses dans le passé, la plupart des spécimens biologiques recueillis ont été retournés aux pays organisateurs comme le R.-U., bon nombre d'autres pays européens et les É.-U. Le récit de l'expédition canadienne dans l'Arctique, publié par AMS Press à partir de 1919, comporte plusieurs sections sur les insectes et autres invertébrés.

D'autres expéditions de collecte d'insectes ont été menées à partir du Canada à diverses périodes durant le reste de la première moitié du 20e siècle (1920–1950), mais les beaux jours de l'entomologie arctique canadienne ont commencé avec l'introduction du transport commercial par avion. À compter de 1947, l'enquête sur les mouches piqueuses du Nord et ensuite l'enquête sur les insectes du Nord ont jeté les bases des études plus actuelles sur les insectes de l'Arctique. Durant les années 1960 et 1970, une grande variété d'études ont été entreprises par des groupes et des particuliers. Le programme qui, au début, était axé sur l'obtention et la publication de données sur la taxonomie et la répartition des insectes du Nord s'est diversifié pour donner lieu à des études sur la morphologie, le comportement, l'écologie à tous les niveaux (peuplements, communautés et interactions avec les écosystèmes) et l'écophysiologie. Les travaux ont abouti à la publication d'un précieux ouvrage de Hugh Danks : *Arctic Arthropods: A review of systematics and ecology with particular reference to the North American fauna* (1981). Depuis lors, on s'est beaucoup intéressé à la recherche sur l'adaptation des insectes dans le Nord, bien que des projets assimilés à des enquêtes se soient poursuivis.

La diversité des insectes de l'Arctique suit la tendance générale en rapport avec la biodiversité animale (et végétale), c'est-à-dire que la diversité, pour ce qui est du nombre d'espèces, diminue à mesure qu'on se déplace de l'équateur vers les pôles. Cependant, la diversité des insectes est beaucoup plus grande dans l'Arctique canadien par rapport à celle qui a été observée à des latitudes semblables dans l'hémisphère Sud. Plus de 6 000 espèces d'insectes et arthropodes apparentés (araignées, acariens, etc.) ont été recueillies, identifiées et nommées au Canada, beaucoup n'ont pas encore été décrites et nommées (1), et je suppose que bon nombre restent à découvrir (2).

Les listes qui ont été compilées permettent de faire des observations intéressantes sur les processus évolutifs. Comparativement à la même taxa des régions tempérées et tropicales, des groupes bien connus comme les éphémères communes (ordre des éphéméroptères), les libellules et les demoiselles (o. odonates), ainsi que les sauterelles, les grillons, etc. (o. orthoptères) diminuent progressivement près de la limite de la forêt de conifères, zone de transition entre la forêt boréale du Nord et la toundra du Bas-Arctique. Ces ordres d'insectes se caractérisent par leur diversité et leur abondance dans les régions tempérées et tropicales, notamment celui des orthoptères (sauterelles et locustes). Parallèlement, la plupart des insectes sociaux, comme par exemple les hyménoptères (fourmis, abeilles et guêpes) sont rarement repérés au-delà de la limite de la forêt, sauf quelques espèces de bourdons (famille des Apidés) qui constituent des petites colonies même jusque dans l'Extrême-Arctique (p. ex., dans l'île d'Ellesmere). Il est difficile d'expliquer, intuitivement ou selon une perspective évolutive, pourquoi l'énorme ordre des coléoptères (scarabées) – dont les espèces sont très répandues dans les régions tempérées et tropicales – est si mal en point dans l'Arctique. Après tout, les scarabées constituent plus du tiers de l'ensemble des espèces d'insectes, et le nombre d'espèces d'insectes surpasse celui de toutes les autres espèces de microbes, végétaux et animaux regroupées! Je laisserai des personnes plus compétentes expliquer ce phénomène.

Par contre, l'ordre des diptères (mouches) est prépondérant dans l'Arctique. Les mouches appartiennent à l'un des ordres les plus diversifiés d'organismes vivants, et on peut trouver certaines de leurs espèces dans la plupart des écosystèmes terrestres et aquatiques, y compris les habitats marins. Elles représentent plusieurs niveaux de la structure trophique, et leurs membres comprennent des herbivores, carnivores, détritivores, décomposeurs, hématophages, pollinisateurs, parasitoïdes, ainsi que des ecto et endoparasites! Leur prédominance dans la faune arctique a d'importantes conséquences pour les végétaux, les animaux et les personnes qui vivent dans la région. En tant que pollinisatrices, elles jouent le rôle majeur qui incombe habituellement aux scarabées, aux papillons, aux oiseaux etc. (mais elles ne peuvent remplacer le vent) dans les régions tempérées et tropicales. Plus de 50 % des fleurs de l'Arctique sont

CRÉDITS POUR L'ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE

Le 21 septembre, l'honorable Anne McLellan, vice-première ministre, a annoncé que le gouvernement du Canada fournira des nouveaux crédits de 150 millions de dollars, répartis sur six ans, pour l'exécution, avec nos partenaires internationaux, du programme interdisciplinaire innovateur élaboré dans le cadre de l'Année polaire internationale 2007–2008.

pollinisées par des insectes; la contribution des mouches à la pollinisation par les insectes est donc substantielle dans le Nord. En tant que détritivores et décomposeuses, elles sont incomparables, et en tant qu'herbivores elles jouent un rôle très important dans les rapports entre les insectes et les végétaux. En fait, certains affirment (pour l'ensemble des insectes) qu'elles ont à peu près le même impact sur les populations végétales que celui des gros herbivores mammifères, comme le caribou et le bœuf musqué. C'est toutefois la propension de nombreuses familles de diptères à vivre à l'état

Chenille velue de l'Arctique (gynaephora groenlandica) au fjord Alex. L'un des insectes connus qui résistent le mieux au froid. Photo : R. Ring.

de larves dans l'eau douce qui fait que cet ordre est prédominant. Si vous êtes allé dans l'Arctique, vous savez que la région comporte une grande partie d'eaux stagnantes (lacs, étangs, etc.) et de ruisseaux et rivières à débit lent, surtout à cause du pergélisol et d'autres facteurs topographiques. En fait, une bonne part de la toundra arctique semble être composée de plans d'eau et d'îles dispersées ! Ce milieu constitue l'habitat idéal pour les larves de nombreuses familles et de nombreux genres de diptères. Résultat : des populations immenses de larves et de pupes aquatiques vivent et se reproduisent dans la toundra, et on y recense non seulement de nombreux exemplaires, mais aussi un certain nombre d'espèces. Pas surprenant que de nombreuses espèces et de grandes bandes d'oiseaux franchissent chaque année la longue distance jonchée d'obstacles pour atteindre l'Arctique où elles peuvent profiter de cette ressource alimentaire naturelle fiable. Les mammifères terrestres sont aussi touchés, mais ils subissent surtout des effets délétères. Comme bon nombre de ces diptères sont des mouches piqueuses au stade adulte, ils influent beaucoup sur le comportement des mammifères terrestres, comme le caribou, et même sur les Inuit et les autres peuples de l'Arctique canadien. Les migrations et le comportement des caribous sont grandement influencés par les mouches piqueuses, notamment les hypodermes, ces endoparasites insidieux qui se nourrissent du tissu musculaire des caribous. Les Inuit et les autres peuples de l'Arctique (y compris les visiteurs, comme les entomologistes du Sud !), sont eux aussi beaucoup affectés par les mouches piqueuses et les omniprésents maringouins, mouches noires et mouches à chevreuil (les « bulldog »). Le DEET est un bon produit si votre peau le tolère! Nous devons nous compter chanceux, je suppose, parce que ces insectes ne transmettent pas les maladies causées par des arbovirus (ou autres microorganismes) comme ils le font dans la plupart des autres parties du monde.

Par conséquent, les insectes occupent une partie intégrante de l'ensemble des habitats terrestres et d'eau douce de l'Arctique. On les trouve partout, depuis les petits étangs jusqu'aux grands lacs, depuis les petits ruisseaux jusqu'aux grandes rivières, dans les zones marécageuses et les marais. Dans les milieux terrestres, ils se logent aussi dans les sols et les plantes (lichens, mousses, herbes, arbustes et arbres), ainsi que les végétaux en décomposition et les restes d'animaux. Ils se nourrissent du sang des animaux vivants, en tant que parasites internes et externes. Pour les autres insectes, ce sont des parasitoïdes. Autrement dit, ils exercent leur activité à de nombreux niveaux trophiques dans les écosystèmes arctiques. Enfin, il ne faut pas oublier leur rôle de pollinisateurs pour de nombreuses fleurs arctiques.

Mon programme de recherche du domaine de l'entomologie arctique s'intéresse surtout à l'adaptation des insectes nordiques aux milieux extrêmes de l'Arctique canadien. L'adaptation repose sur un ensemble de caractéristiques, notamment des facteurs morphologiques, physiologiques, sensoriels, de développement et de comportement, qui favorisent la survie et la reproduction de l'organisme dans ces conditions. Deux des facteurs les plus évidents qui influent sur la répartition et l'abondance des insectes en tant que poïkilothermes dans le Nord sont les longs hivers, extrêmement froids, et les courts étés (saisons de croissance). Les insectes se sont adaptés à ces contraintes naturelles de plusieurs façons : par la structure de leur corps (pilosité et mélanisme accrus pour maintenir leur chaleur et les protéger contre les rayons UV nocifs); par leur métabolisme (plus actif aux basses températures que celui de leurs congénères du Sud); et par leur comportement et les stratagèmes de leur cycle de vie. Cependant, les adaptations sur lesquelles je me suis penché pendant de nombreuses années sont les façons dont les insectes ont réussi à survivre sous des températures hivernales extrêmement basses et malgré le dessèchement inhérent à cette exposition, c'est-à-dire l'écophysiologie de la résistance au froid des insectes. L'Arctique canadien est un « laboratoire naturel » pour ce genre d'études. La plupart des insectes de l'Arctique se préparent à l'arrivée de l'hiver en choisissant un lieu d'hivernage convenable (hibernaculum), où le climat sera vraisemblablement moins rigoureux, comme la couche de déchets, sous la neige (couche subnivale), les matières végétales, les crevasses, ou les terriers des petits mammifères. Ceux qui vivent dans l'eau se limitent habituellement aux endroits non gelés ou s'enfouissent dans le substrat. De nombreuses espèces ont tendance à choisir un endroit qui fond ou qui se réchauffe en premier au printemps (exposé au sud), ce qui leur donne une longueur d'avance pour leur développement durant la courte saison de croissance. D'autres, curieusement, hivernent sur la roche ou dans sur le tissu végétal au-delà de la limite des neiges perma-

nentes, et sont alors exposées à la température de l'air ambiant!

Les preuves établies par mon laboratoire et beaucoup d'autres montrent que les insectes de l'Arctique survivent en hiver parce qu'ils utilisent deux stratégies : (1) « la tolérance au gel » grâce à laquelle au cours des périodes d'hibernation ils peuvent résister à un certain degré de gel de l'eau de leurs tissus, et (2) « l'intolérance au gel » qui fait que les insectes évitent de geler et hivernent dans un état de surfusion. La phase liquide de leurs

Stratégies de tolérance au froid des insectes

Tolérance au gel : Survie en période de formation de glace dans le corps, mais d'habitude seulement dans les fluides extracellulaires.

Sensibilité au gel : Évitent de geler grâce à la surfusion à divers degrés.

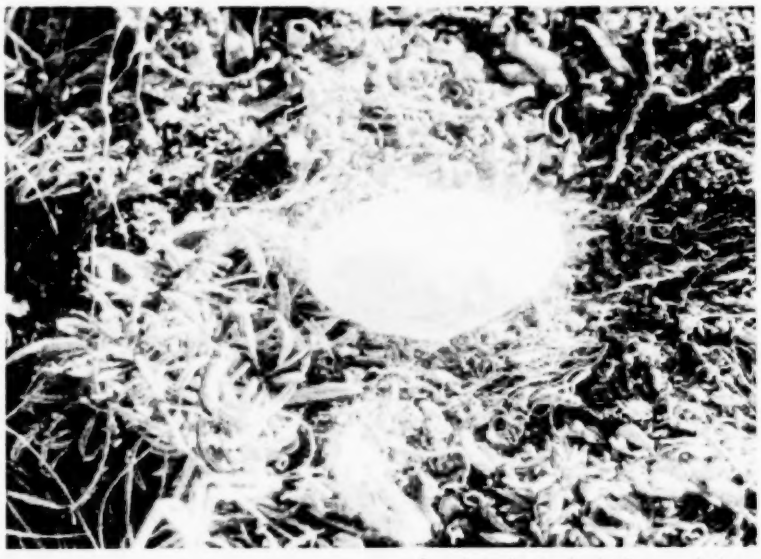
fluides tissulaires dure pendant tout l'hiver. Certaines espèces d'insectes de l'Arctique peuvent survivre de cette façon (en surfusion) à des températures allant de −55°C à −60°C! Les deux groupes subissent diverses transformations physiologiques et biochimiques qui les préparent à résister à de si basses températures, mais l'une des principales caractéristiques de ces espèces est leur capacité de synthétiser les produits chimiques (cryoprotecteurs) comme le glucose du sucre et le tréhalose, l'alcool de sucre, le glycérol, sorbitol, mannitol, etc. et d'autres composés, avant l'arrivée des conditions délétères de l'hiver. Les

Systèmes de protection

Polyols : Glycerol, sorbitol, mannitol, dulcitol, thréitol, érythritol, ribitol, arabitol, myoinositol et éthylène glycol.
Sucres : Tréhalose, sucrose, glucose, fructose and galactose.
Protéines anti-gel : Font baisser le point de congélation mais pas le point de fusion.
Agents de nucléation : Induit la formation de glace à des températures inférieures au point de congélation relativement élevées.

autres contributions de mon laboratoire (moi-même, étudiants diplômés et adjoints à la recherche) à l'entomologie arctique comprennent notamment : (1) la reconnaissance d'un système multi-cryoprotecteur dans certaines espèces arctiques selon lequel un « cocktail » de glucose, tréhalose, glycérol, sorbitol et de molécules protéiniques est synthétisé avant l'hibernation, (2) la découverte du plus bas point de surfusion qui ait jamais existé pour un insecte, −61°C pour le scarabée *pytho americanus* de l'Arctique de l'Ouest au Canada, et (3) le recensement de diverses anomalies dans des insectes de l'Arctique et de milieux alpins où la tolérance au gel peut co-exister avec des points de surfusion très bas. Il reste à élucider plusieurs autres anomalies propres aux insectes de l'Arctique, notamment la survie des coccinelles en l'absence de substances cryoprotectrices connues.

Plusieurs étudiants diplômés ont été inspirés par les insectes de l'Arctique. Lee Humble a fait une importante tentative pour séparer les problèmes co-évolutifs que pose le froid par rapport à la tolérance et/ou résistance au dessèchement. Pour le némate du saule de l'Arctique, il a prouvé que sa capacité de survivre aux basses températures hivernales et au stress dû au dessèchement étaient des moyens d'adaptation qui se chevauchent. Il a aussi étudié le comportement et l'adaptation en hiver des parasitoïdes de ces némate du saule. Neville Winchester a étudié la diversité des larves (porte-bois ou larves de phryganes) de l'ordre des trichoptères et leurs caractéristiques biologiques d'hibernation, dans les ruisseaux de la péninsule de Tuktoyaktuk. Dean Morewood a étudié les stratégies propres aux cycles évolutifs et les rapports entre les températures et le développement pour les insectes qui résistent le mieux au froid, les chenilles velues de l'Arctique (*gynaephora* lymantriidae). Cette étude a été menée au plus magnifique oasis biologique de l'Extrême-Arctique, le fjord Alexandra, dans l'île d'Ellesmere, au Nunavut. Durant cette période, un autre étudiant diplômé, Adrian DeBruyn, a étudié le comportement et l'habitat hivernaux



Cocon de chenille velue. Les chenilles passent la plus grande partie de l'été et tout l'hiver dans ces cocons exposés. Photo : R. Ring.

de deux espèces de dytiques (*hydroporus* dytiscidae) qui occupent les mares temporaires au fjord Alexandra. C'est à cette période que je suis devenu fasciné et que m'est venu le désir de collaborer avec les phytoécologistes qui avaient aménagé un site canadien pour l'Expérience internationale sur la toundra (ITEX).

L'ITEX (Canada) a vu le jour au fjord Alexandra en 1990, grâce à l'initiative de M. Greg Henry, phytoécologiste au Département de géographie de l'U.C.-B. C'était la première intervention du Canada suite à une assemblée internationale d'écologistes de la toundra qui

craignaient que les prévisions sur le réchauffement par effet de serre à l'échelle planétaire causé par l'activité humaine se concrétisent très tôt et au plus haut degré aux plus hautes latitudes. Cette expérience à grande échelle menée sur le terrain, en Arctique, devait être un programme de recherche collective à long terme exécuté par des scientifiques de neuf pays, à 26 endroits, pour examiner les effets du réchauffement estival accru sur la végétation de la toundra. Les chercheurs ont convenu d'utiliser une conception expérimentale commune et un ensemble d'espèces semblable, et de surveiller des paramètres communs dans chaque écosystème.

Des grilles composées de petits compartiments découverts translucides, en fibre de verre, qui couvraient une surface de toundra de près de un mètre carré ont été construites dans chacune des localités choisies. Elles se sont avérées efficaces pour augmenter de 1°C à 3°C, en moyenne, la température de l'air ambiant dans les compartiments, soit dans une proportion proche des prévisions établies par les modèles de changement climatique planétaire. J'ai donc estimé que nous avions une occasion idéale d'inclure une composante sur les insectes dans les protocoles ITEX. Après tout, il y a des liens écologiques très étroits entre les insectes et les végétaux ! On étudie donc depuis plusieurs années les effets des compartiments sur les insectes au fjord Alexandra, dans le contexte de l'ITEX. Des spécimens d'insectes, d'araignées et d'acariens ont été prélevés dans six communautés végétales écologiquement distinctes. Les trois principaux objectifs : (1) la comparaison des insectes et des arthropodes (c.-à-d. contrôles) dans les compartiments et à l'extérieur de ceux-ci, à l'aide des pièges à fosse jaunes standard; (2) comme les compartiments ont des effets physiques, notamment l'exclusion de certains insectes volants dont bon nombre sont des pollinisateurs connus des fleurs de l'Arctique, la comparaison de la fréquence de pollinisateurs probables dans les compartiments et à l'extérieur; et (3) l'analyse des effets directs des compartiments sur le développement et la phénologie des insectes/arthropodes (principalement dans les micro-arthropodes du sol).

Même si on a recueilli une quantité considérable de données à ce jour, le fait que j'aie dû prendre ma retraite est un obstacle majeur à l'analyse des données et à la publication des résultats (je n'ai plus de laboratoire). Cependant, cette activité demeure un objectif primordial de mes « projets de retraite » ! D'autres raisons me font regretter mon départ forcé : les nouvelles attitudes à l'égard de la recherche nordique et la reconnaissance du fait qu'une activité permanente de recherche dans le Nord s'impose si l'on veut préserver la souveraineté du Canada. En outre, dans le domaine de la cryobiologie des insectes, on entreprend de nouvelles recherches sur des sujets passionnants comme l'acclimatation rapide au froid (ARF). Cette acclimatation chez les insectes peut se produire en quelques minutes ou quelques heures, selon un rythme de refroidissement en rapport avec l'écologie et durant la thermopériode, ce qui permet aux insectes de contrôler et de « perfectionner » continuellement leurs réactions physiologiques et leur comportement. La capacité d'ARF est étroitement liée à l'expression des protéines de stress dans l'insecte au cours de l'exposition au froid, à la chaleur et à la déshydratation. Dernièrement, on a aussi réussi à identifier certains locus du gène qui contrôlent l'expression de ces protéines de stress. Cette découverte aura vraisemblablement une portée universelle : elle fait passer ce genre d'études du champ étroit de l'entomologie au domaine de l'expérimentation biologique conventionnelle. Parallèlement, on a réussi dernièrement à confirmer dans des espèces la capacité de certains insectes à dénaturer leur mitochondrie lorsqu'ils se préparent à hiverner, et à les resynthétiser au printemps. Ce phénomène a été décrit pour la première fois par M^me^ Olga Kukal et ses collègues comme une particularité de la chenille velue de l'Arctique; il pourrait s'appliquer à une variété d'animaux qui hivernent dans des milieux extrêmes. On note donc des réalisations passionnantes dans le domaine de la cryobiologie des insectes, mais je suis particulièrement mécontent du fait que je sois le seul entomologiste au Canada à œuvrer dans cette branche captivante de la recherche, importante pour le pays. Il n'y a personne pour combler le vide !

Au cours des années à venir, le gouvernement canadien, les habitants du Nord et les scientifiques devront faire face à de nombreuses questions actuelles et à d'imminents problèmes. Le réchauffement planétaire et ses effets sur le paysage, les Autochtones, les végétaux et les animaux (auxquels j'ai déjà fait allusion) auront une importance capitale – mais ce ne sera pas le seul enjeu. L'amincissement de la couche d'ozone et l'augmentation du rayonnement UV, les effets imprévisibles des précipitations et de la nébulosité (ou le manque à cet égard) auront d'énormes répercussions sur les températures locales au niveau du sol, des ruisseaux, lacs et rivières de la toundra, et sur les animaux et les végétaux qui vivent dans ces milieux. La fonte des glaciers, du pergélisol et des glaces marines causera aussi des perturbations. Selon les prévisions, d'ici au milieu du siècle (2050) la fonte de la glace de mer aura progressé au point de créer des zones d'eaux libres dans l'archipel Arctique canadien, ce qui ouvrira des voies de transport maritime entre l'Atlantique Nord et le Pacifique Nord. Cela ravive le débat nébuleux mais engagé depuis longtemps sur la souveraineté du Canada dans l'Arctique. La souveraineté du Canada sur les îles de l'Arctique n'est pas contestée (sauf le désaccord actuel avec le Danemark à propos de l'île Hans!), mais les voies navigables qui s'ouvrent entre certaines des îles soulèvent un autre enjeu. Les É.-U. et la Russie, par exemple, croient fermement que ces voies font partie des eaux internationales. Il faudra donc entamer des négociations. Je propose ceci : que chaque équipe scientifique et chaque expédition de prospection qui se dirigent vers le Nord soient dotées d'un porte-drapeau et d'un drapeau canadien. Que les scientifiques montrent le DRAPEAU !

Richard A. Ring est professeur émérite au Département de biologie de l'Université de Victoria.

LA TOUNDRA CHANGEANTE – PALÉOÉCOLOGIE DE L'EXTRÊME-ARCTIQUE

Christopher Ellis

Les écosystèmes terrestres de l'Arctique constituent un thème important en rapport avec la biologie du changement planétaire. Comme on s'attend à un réchauffement climatique très prononcé dans les régions arctiques, au cours des deux dernières décennies des chercheurs ont fait des études écologiques pour comprendre les effets des changements causés par l'homme sur la structure et la fonction des habitats de la toundra. Parmi ces récentes études, la plus connue est peut-être l'expérience internationale sur la toundra (ITEX), à laquelle ont collaboré des écologistes de 12 pays qui travaillaient dans des stations circumpolaires à une haute latitude de 27°N (www.itex-science.net). La démarche de l'ITEX visait à simuler le changement de climat dans l'ensemble de ces sites, donc à faire la lumière sur la réaction des écosystèmes dans des types de végétation différents. L'expérience-simulation de l'ITEX est une méthode très utilisée par les groupes de recherche. Les expériences consistaient à manipuler les facteurs locaux qui changeront en même temps que le climat, c.-à-d. la température, l'humidité des sols et les niveaux d'éléments nutritifs limitants, pour démontrer l'effet direct de ces variables en interaction sur la végétation de la toundra (pour un compte rendu récent, voir Wookey et Robinson, 1997).

En réalité, les expériences récentes en rapport avec l'écologie de la toundra sont limitées à des échelles de temps relativement courtes, soit habituellement moins de dix ans. Une expérience serait considérée comme longue si elle s'était poursuivie pendant vingt ans, même si la réaction du complexe végétation-sol peut s'étaler sur des siècles. Par conséquent, les chercheurs ont tenté de « mettre à l'échelle » ces expériences à court terme, pour savoir comment le changement de climat prévu pourrait affecter les écosystèmes de la toundra au cours de plusieurs décennies ou même de plusieurs siècles. Pour une partie importante de ce processus de mise à l'échelle on devrait utiliser l'indice paléoécologique comme source de renseignements sur la dynamique à long terme d'un écosystème. La paléoécologie a joué un rôle central pour confirmer ou réfuter des observations à court terme faites sur de longues périodes dans les écosystèmes des basses latitudes (p. ex., bourbiers et forêts dans des zones tempérées). On pourrait aussi faire de telles études dans les hautes latitudes, pour déterminer si la sensibilité au climat décrite dans les études à court terme pourrait aussi avoir prise sur le développement des habitats de la toundra à long terme (p. ex., centaines ou milliers d'années). Actuellement, on possède très peu de données paléoécologiques pertinentes pour les habitats terrestres de la toundra, et cette lacune est particulièrement cruciale dans l'Extrême-Arctique. Donc, on n'a pas le contexte à long terme essentiel pour faire des observations sur la sensibilité de la végétation de la toundra au réchauffement du climat qui a été démontrée par des expériences à court terme. Cet article traite de l'une des rares études sur la paléoécologie d'un écosystème terrestre de l'Extrême-Arctique.

L'ÎLE BYLOT ET LE SITE DE L'ÉTUDE SUR LES ZONES HUMIDES

L'étude a été menée sur l'île Bylot (env. 73°N, 80°O), qui s'étend au Nord-Est de l'île de Baffin, dans le parc national Sirmilik (figure 1). L'île Bylot mesure env. 11 000 km², constitués

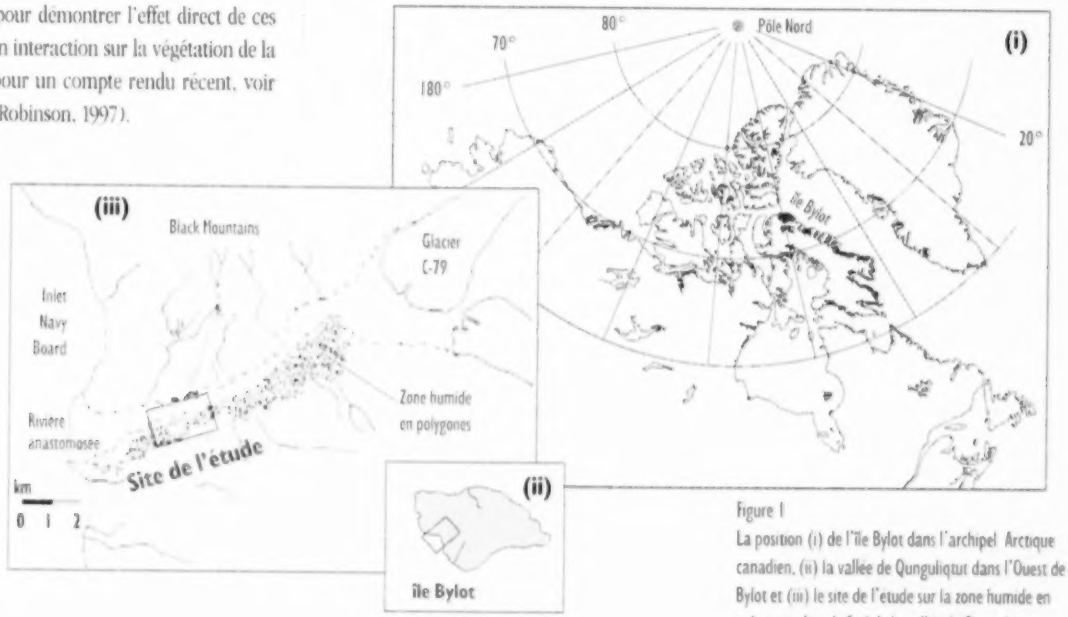


Figure 1
La position (i) de l'île Bylot dans l'archipel Arctique canadien, (ii) la vallée de Qunguliqtut dans l'Ouest de l'île Bylot et (iii) le site de l'étude sur la zone humide en polygones dans le Sud de la vallée de Qunguliqtut.

Figure 2
Polygones concaves inondés par l'eau de fonte printanière. À noter que certains polygones concaves sont plus humides (photo du milieu) que d'autres (polygones plus secs en bas, à droite). La différence dans le degré d'humidité des polygones concaves adjacents est une caractéristique du complexe de polygones. Photo : C. Ellis.

surtout de zones montagneuses (jusqu'à env. 1 600 m). Elle est couverte par une calotte glaciaire centrale et des glaciers rayonnants. La marge de l'île inclut une série de plateaux et un désert polaire à végétation clairsemée. Aux endroits où les pentes des plateaux sont proches de la mer, la couverture végétale devient plus consistante, et les zones de faible élévation sont dominées par une toundra à éricacées et à buttes de gazon. Des zones humides se créent aux endroits où l'eau de la fonte printanière s'accumule. Ces zones humides sont des parcelles habituellement isolées sur les plateaux de faible hauteur, mais elles forment de vastes écosystèmes au fond des vallées glaciaires. Alimentées selon les saisons par l'eau et les nutriants provenant des hautes terres environnantes et des bassins hydrographiques adjacents, les zones humides basses sont des bourbiers « minérotrophiques » relativement productifs, qui renferment une grande variété d'organismes vivants. Sur l'île Bylot, la végétation de ces bourbiers comprend surtout des rouches (p. ex., *carex aquatilis var. stans, eriophorum scheuchzeri*), des herbes (p. ex., *arctagrostis latifolium, dupontia fischeri, pleuropogon sabinei*) et des mousses de marais (p. ex., *drepanocladus, aulocomnium*), qui constituent l'habitat estival essentiel de la sauvagine migratrice. C'est pourquoi ces bourbiers sont appelés « oasis polaires ».

Nous avons examiné l'évolution à long terme de l'une de ces zones humides de l'Extrême-Arctique, dans la vallée de Qunguliqtut, sur la partie occidentale de l'île Bylot (figure 1). Le site de l'étude comprenait un système constitué de grandes terrasses au sud de la vallée, qui dominaient le canal de la rivière adjacente. Les terrasses sont formées par l'accrétion des sables éoliens et du silt et les dépôts simultanés de tourbe (Allard, 1996). Un réseau de coins de glace se forme durant l'aggradation des terrasses, ce qui donne une zone humide complexe en polygones (figure 2). La formation de ces coins de glace est cruciale pour notre méthodologie et pour l'interprétation des résultats.

DÉVELOPPEMENT DES POLYGONES ET RECONSTRUCTION PALÉOÉCOLOGIQUE

La formation de coins de glace commence aux endroits où le terrain exposé depuis peu aux températures rigoureuses de l'hiver subit une contraction thermique, lorsque des fissures polygonales apparaissent (figure 3a). L'eau de fonte qui pénètre dans les fissures au printemps et en été regèle par la suite, formant ainsi des veines de glace (figure 3b). Les cassures permanentes qui se produisent dans ces veines de glace, leur inondation causée par l'eau de fonte, ainsi que le regel et les ruptures ultérieurs créent des ajouts progressifs et un grossissement qui produisent des masses de glace de terre en forme de coins. L'expansion progressive des coins de glace déplace les cryosols (sols gelés) environnants, ce qui avec l'expansion thermique des terres adjacentes crée des bombements ou bordures secs qui entoure le centre des polygones plus bas et plus humides formant ainsi des polygones concaves (figure 3c). Dans les milieux de dépôts sédimentaires, les coins de glace « syngénétiques » s'élèvent à la verticale à mesure que la limite du pergélisol (c.-à-d. la couche supérieure du pergélisol) s'élève avec l'accrétion des sédiments. Les coins syngénétiques résultent de l'aggradation à long terme de sédiments riches en tourbe dans des conditions limitantes, c'est-à-dire la sédimentation lente continue et le fissurage par le gel répété (figures 3d et 3e). Donc, les polygones concaves, au site de Qunguliqtut, auront allongé du fait de la croissance des coins de glace syngénétiques à mesure que les sédiments qui forment les terrasses se seront accumulés.

Nous avons étudié le développement à long terme de cinq polygones concaves distincts. Nous avons prélevé des carottes de tourbe dans le centre gelé des polygones, à l'aide d'un carottier actionné par une machine (figures 3e et 4). Nous avons examiné les sédiments recueillis pour nous assurer que le litage était horizontal, et pas perturbé par la cryoturbation (mélangeage). Les carottes qui vont de la surface des polygones jusqu'à la

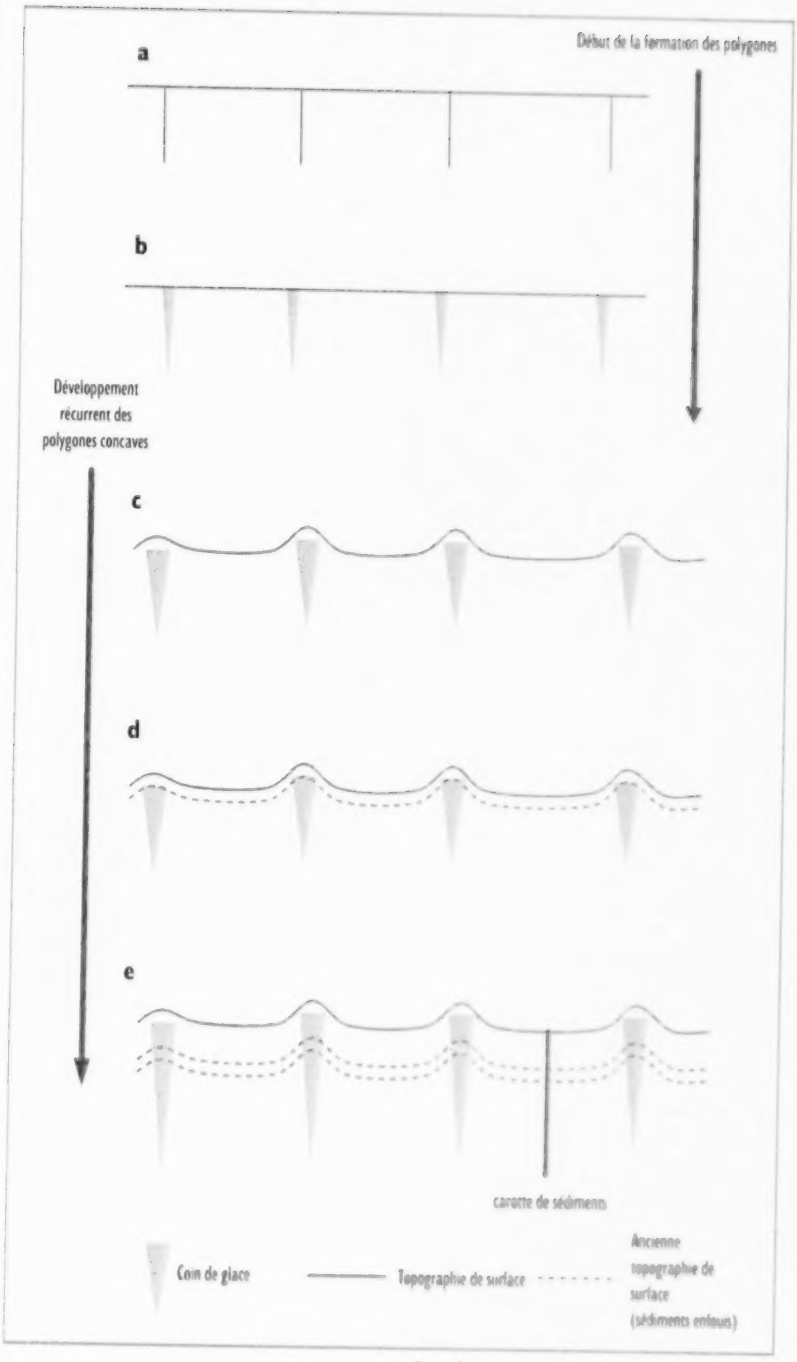


Figure 3
Schéma montrant le début de la formation et le développement récurrent des polygones concaves (voir texte, Développement des polygones et reconstruction paléoécologique, pour une description du processus).

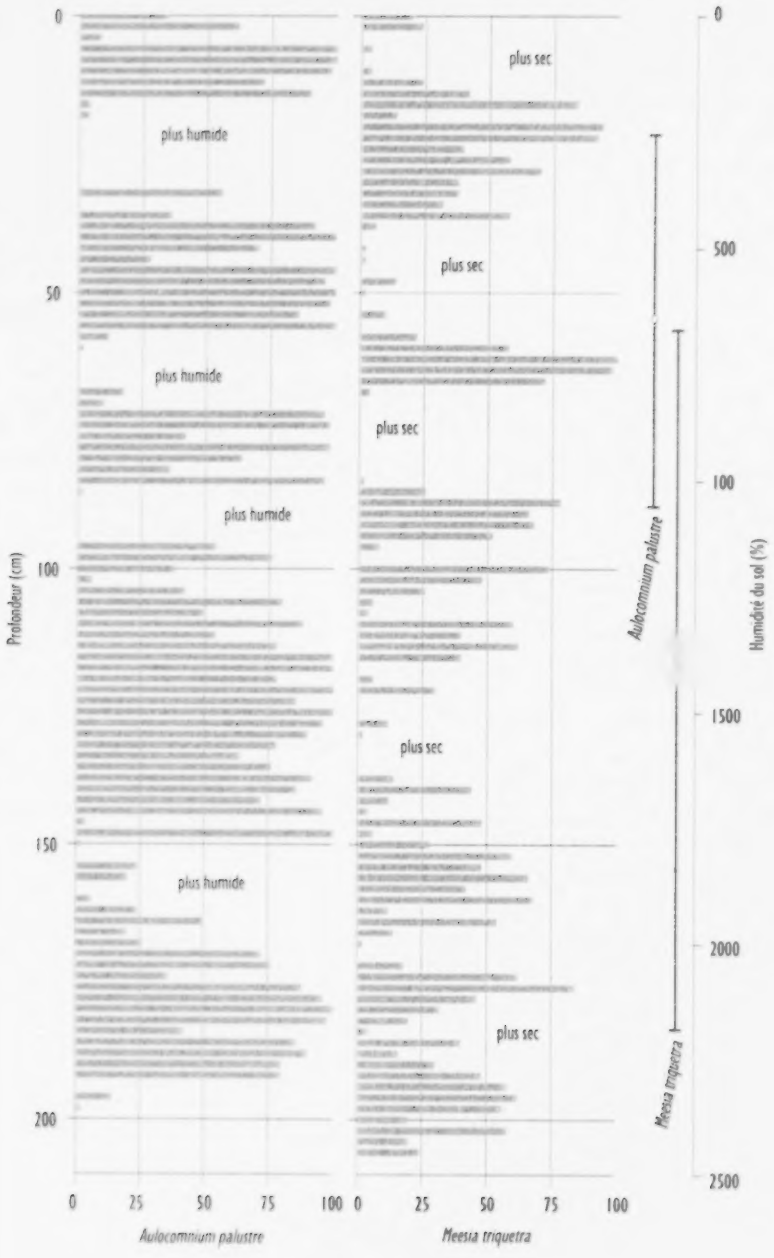


Figure 4
Indice paleoécologique sommaire pour deux espèces de mousses différentes : *aulocomnium palustre* et *meesia triquetra*. L'analyse écologique a montré une nette différence dans l'humidité du sol optimale et la marge de tolérance de chaque espèce. Cette information laisse supposer que des changements se sont produits dans le passé dans l'humidité du sol, au cours du développement des polygones, c.-à-d. à mesure que les sédiments s'accumulaient.

base minérale des sédiments ont été extraites sur une profondeur de deux à trois mètres. Elles renfermaient un mélange de restes de végétaux non décomposés et de silts éoliens, qui avaient formé des dépôts à la longue, à mesure que la hauteur des polygones augmentait. On pensait qu'il serait possible de reconstituer le changement qui se produit dans la végétation au cours du développement des polygones, en analysant les restes de végétaux non décomposés (surtout des mousses), préservés dans les couches superposées des sédiments des carottes (*cf.* figure 3e). Celles-ci ont été découpées en tranches de 2 cm, et des restes de mousses ont été extraits de chaque tranche (horizon) et analysés. Des petits échantillons de mousse ont été recueillis de différents horizons et datés par le radiocarbone, ce qui a donné une période de référence pour le développement des polygones.

CHANGEMENT DANS LA VÉGÉTATION AU COURS DU DÉVELOPPEMENT DES POLYGONES

L'indice des restes de mousses a montré une étonnante variation dans la végétation du passé au cours du développement des polygones (figure 4). On a combiné l'indice paléoécologique et la recherche écologique pour examiner les facteurs environnementaux qui régissent la répartition des mousses dans le complexe de polygones actuel. L'étude écologique a montré de nettes différences, *spatialement* prévisibles, entre les espèces de mousses qui poussent dans des communautés représentatives de milieux plus secs (espèces mésiques) et celles qui poussent dans des communautés représentatives de milieux plus humides (espèces hydriques). Toutefois, l'indice paléoécologique laisse supposer que pour un site au centre d'un polygone, les différences écologiques équivalentes s'étaient créées *temporellement*, au cours du développement des polygones (figure 4). Donc, les différences entre les espèces de mousses préservées dans les sédiments ont indiqué des changements récurrents dans l'hydrologie des polygones à

Figure 5
Prélèvement d'une carotte de sédiments du pergélisol. Le carottier a été construit sur mesure par Michel Allard (Université Laval), qui supervise (à gauche). Opérateurs: Daniel Fortier (au centre) et Isabelle Duclos (à droite). Photo : C. Ellis.

la longue, à mesure que ceux-ci s'allongeaient et que les sédiments s'accumulaient.

EFFETS CLIMATIQUES SUR LE DÉVELOPPEMENT DES POLYGONES

Nous avons tenté de déterminer les effets que pouvait exercer le climat sur le développement des polygones, en comparant l'indice de végétation datée au radiocarbone à des indicateurs paléoclimatiques indépendants pour l'archipel arctique de l'Est (Bradley, 1990) : valeurs moyennes pour cinq ans du pourcentage de fonte dans la stratigraphie de la carotte de glace Agassiz-84, île d'Ellesmere (Koerner et Fisher, 1990) et valeurs moyennes pour cinq ans de $\delta^{18}O$ pour les stratigraphies combinées de deux carottes adjacentes prélevées dans la calotte glaciaire de l'île Devon (Paterson *et al.*, 1977). Ces carottes fournissent des indicateurs des températures estivales du passé (pourcentage de fonte) et de la température annuelle régionale moyenne ($\delta^{18}O$).

Nous avons constaté qu'au cours d'une seule période allant jusqu'au Petit âge glaciaire inclusivement (env. 530–300 ans av. J.C.), le changement dans la végétation reconstituée et l'humidité du sol était prononcé et uniforme dans l'ensemble des polygones examinés et présentait une étroite corrélation avec les indices des carottes de glace pour le pourcentage de fonte et $\delta^{18}O$ (Ellis et Rochefort, 2004; Ellis et Rochefort, en cours d'impression). En revanche, pour la plus grande partie de la période de développement les changements de végétation examinés étaient soit (i) liés d'une manière incohérente aux valeurs substitutives du climat ou (ii) pas du tout liés aux valeurs substitutives du climat (figure 6).

Figure 6
La force des signaux climatiques dans les indices paléoécologiques des polygones (comparativement aux indicateurss paléoclimatiques indépendants; pourcentage de fonte et $\delta^{18}O$). Voir Ellis et Rochefort (en cours d'impression) pour une analyse complète.

Force du signal climatique	*Occurrence temporelle à travers toutes les carottes*	*Période*
Changements vers les conditions paléoécologiques plus sèches ou plus humides constants à travers toutes les carottes de polygones, associés aux niveaux de plus grande ou plus petite valeur du pourcentage de fonte $\delta^{18}O$	6 % de l'indice paléoécologique (env. 225 années)	Petit âge glaciaire
Changements vers les conditions paléoécologiques plus sèches ou plus humides inconstants à travers toutes les carottes de polygones, pourtant associés aux niveaux de plus grande ou plus petite valeur du pourcentage de fonte et $\delta^{18}O$	44 % de l'indice paléoécologique (env. 1710 années)	
Aucune association entre les carottes de polygone et les indices paléoécologiques	50 % de l'indice paléoécologique (env. 1950 années)	

GÉOMORPHOLOGIE PÉRIGLACIAIRE ET DÉVELOPPEMENT DES POLYGONES

Les changements périodiques dans la végétation reconstituée et l'humidité du sol peuvent s'expliquer en l'absence d'influence climatique (env. 50 % de l'indice paléoécologique [figure 6]) par les mécanismes connus de la géomorphologie périglaciaire. Ainsi, le bilan hydrique (ΔS) d'une parcelle située au centre d'un polygone peut être à peu près :

$$\Delta S = P + Qg + Qs - ET \qquad (1)$$

Cela est attribuable aux doubles mécanismes du contrôle climatique et/ou de la géomorphologie (figure 7). Les effets climatiques incluent les précipitations (P) et l'évapotranspiration (ET). La géomorphologie (c.-à-d. la topographie du polygone) régit l'apport en eau et l'écoulement de l'eau pour les eaux souterraines et de surface (Qg et Qs) et modifie l'apport provenant des précipitations (P) car les polygones concaves accumulent plus

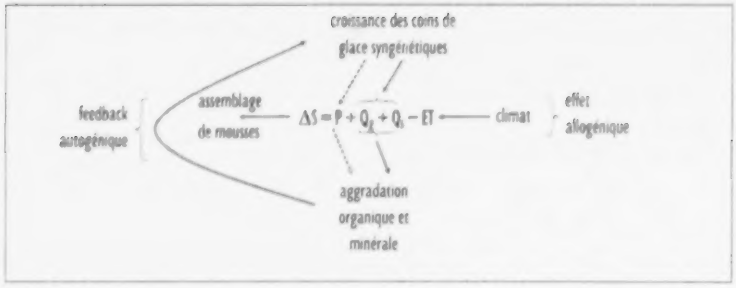


Figure 7

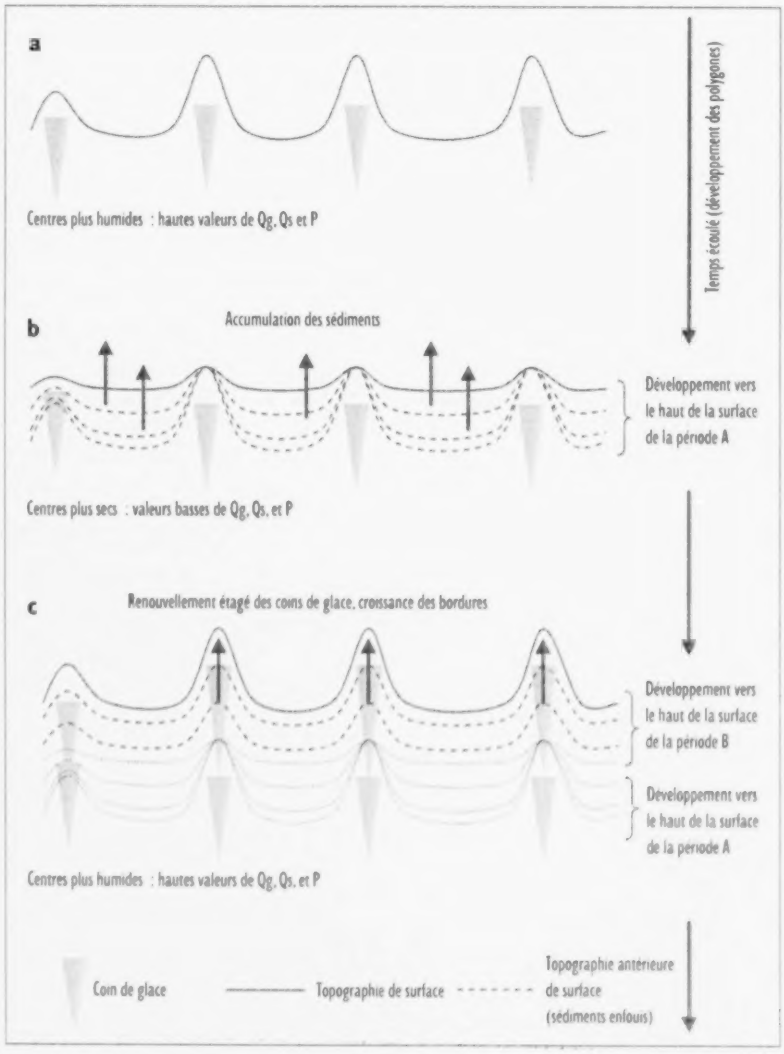
Diagramme montrant l'effet du climat et de la géomorphologie sur l'humidité du sol d'une parcelle d'un polygone de zone humide. L'effet de feedback autogénique supposé entre la croissance des coins de glace et les dépôts de sédiments est mis en évidence.

de neige en hiver et les polygones moins profonds sont vidés par le vent (Rovansek *et al.*, 1996; Young *et al.*, 1997). Cependant, le contrôle climatique peut aussi être indirect, à cause de l'effet de la topographie sur la croissance des coins de glace (Kasper et Allard, 2001) qui influe sur l'humidité du sol (*P, Qg* et *Qs*) (Rovansek *et al.*, 1996; Young *et al.*, 1997).

L'alternance de périodes plus humides et de périodes plus sèches au cours du développement des polygones peut s'expliquer si la topographie d'un polygone change au cours du développement, qui comprend des périodes où celui-ci est plus profond (bordures plus hautes et centre plus bas) et donc plus mouillé, ainsi que des périodes intercalaires où il est moins profond (bordures plus basses et centre plus haut) et plus sec. Ces changements peuvent s'expliquer par le feedback entre l'accumulation de sédiments, régie par l'apport de matières organiques et de minéraux, et la croissance vers le haut des coins de glace limitée par le taux d'accumulation de sédiments (figures 7 et 8). Si la plus grande humidité correspond à des périodes où l'amplitude entre les bordures et le centre du polygone est relativement grande (valeurs plus élevées pour *Qg, Qs* et *P*), la croissance vers le haut des coins de glace syngénétiques, et le développement continu des bordures, seront limités durant ces périodes humides par leur hauteur au-dessus des sédiments environnants (figures 8a). La croissance vers le haut des bordures peut ralentir ou cesser à une hauteur seuil au-dessus des sédiments environnants, et elle peut reprendre seulement après une période où une quantité de sédiments suffisante pour assurer la croissance continue des coins de glace s'est accumulée dans le centre du polygone. Cette période intermédiaire d'accumulation de sédiments diminuera l'amplitude entre les bordures et le centre du polygone, et donc les valeurs de *Qg, Qs* et *P*, entraînant ainsi un changement (le sol perd une partie de son humidité et devient plus sec) évident dans l'indice paléoécologique qui montre un peuplement de mousses sèches (figures 8b). Un processus de formation de coins de glace étagés qui donne un motif à chevrons pour les

Figure 8

Schéma montrant comment le feedback entre la croissance des coins de glace et la sédimentation pourrait expliquer les changements périodiques dans l'humidité du sol des polygones, *indépendamment de* l'influence du climat.


a
Centres plus humides : hautes valeurs de Qg, Qs et P
Temps écoulé (développement des polygones)
b
Accumulation des sédiments
Développement vers le haut de la surface de la période A
Centres plus secs : valeurs basses de Qg, Qs, et P
c
Renouvellement étagé des coins de glace, croissance des bordures
Développement vers le haut de la surface de la période B
Développement vers le haut de la surface de la période A
Centres plus humides : hautes valeurs de Qg, Qs, et P
Coin de glace
Topographie de surface
Topographie antérieure de surface (sédiments enfouis)

coins de glace (prouvée par les études sur le terrain) pourrait donc expliquer les passages récurrents d'une période plus humide à une période plus sèche au cours du développement à long terme des polygones concaves (Ellis et Rochefort, 2004).

RÉPONSE CLIMATIQUE MODIFIÉE PAR LA GÉOMORPHOLOGIE LOCALE

Les passages à une période plus humide ou plus sèche sont irréguliers entre les carottes des polygones sur plus de 44 % env. de l'indice paléoécologique (figure 4). Durant ces périodes, la plus grande humidité ou la plus grande sécheresse pourrait être associée aux valeurs contrastantes plus élevées ou plus faibles du pourcentage de fonte et de $\delta^{18}O$ dans les polygones adjacents. Lorsque la correspondance entre l'indice paléoécologique et les relevés climatiques substitutifs montre un contraste pour plusieurs carottes, elle doit être considérée comme équivoque. Néanmoins, une telle réponse peut représenter la modification d'un effet climatique régional causé par les particularités géomorphologiques locales. Il est important de se rappeler que les changements dans l'humidité du sol (sec-humide) qui se sont produits dans le passé et qui expliquent les changements périodiques dans les peuplements de mousses (mésiques-hydriques) peuvent être considérés comme propres aux polygones individuels, c.-à-d. que les bordures entourant les centres plus bas reposent sur des coins de glace et font office de ligne de partage des eaux et de barrière entre les polygones adjacents. Donc, si un polygone était sec (p. ex., polygone b [figures 8b] avec plus basses bordures entourant son centre et faibles valeurs de *Qg*, *Qs* et *P*) et un autre humide (p. ex., polygone a [figure 8a] avec plus hautes bordures entourant son centre et plus hautes valeurs de *Qg*, *Qs* et *P*), un passage à un climat plus humide et plus froid pourrait être enregistré dans le polygone b, mais pas dans le polygone a, et vice versa. Par conséquent, une plus grande humidité et une plus grande sécheresse dans l'indice paléoécologique de l'humidité du sol, qui correspondent entre les carottes des polygones à des valeurs paléoclimatiques substitutives contrastantes plus élevées et plus faibles, pourraient dénoter une influence climatique à long terme, même si des modifications ont été enregistrées dans les carottes individuelles, en raison des particularités géomorphologiques locales.

CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS DU PASSÉ DANS LA VÉGÉTATION ET L'HYDROLOGIE

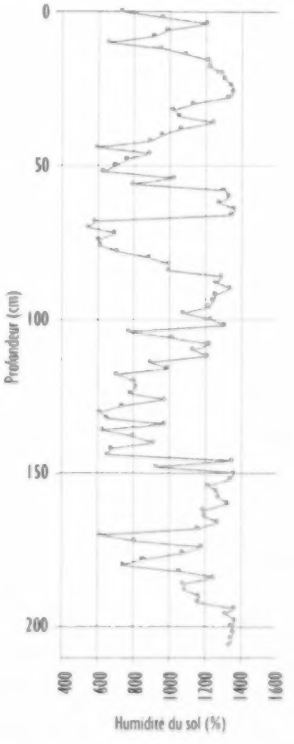
On a mentionné plusieurs mécanismes éventuels pour expliquer les changements observés dans l'humidité du sol au cours du développement des polygones. La confirmation ou la réfutation de l'existence de ces mécanismes, pour déterminer leur importance relative, dépend d'une étude paléoécologique plus poussée. Cependant, quel que soit le mécanisme exact, il ne fait aucun doute que le degré d'humidité du sol a considérablement changé au cours du développement des polygones sur des échelles décennales-centennales (figure 9). Ces changements sont importants parce que l'humidité du sol exerce un contrôle sur l'écophysiologie de la toundra au moyen de la production, de la décomposition et des cycles nutritifs, ce qui régit l'équilibre de l'apport et des rejets de CO_2. Les expériences qui visent à expliquer l'effet net du réchauffement climatique sur l'humidité du sol et le bilan-C des parcelles de toundra (Johnson *et al.*, 1996) appuient les données d'observation qui montrent qu'un changement dans les sols allant d'un net apport en carbone à un rejet de carbone accompagne l'assèchement récent des habitats de la toundra (Oechel *et al.*, 1993, 1995; Weller *et al.*, 1995). On pourrait s'attendre à ce qu'une nappe phréatique abaissée et une fonte accrue accélèrent le rythme de décomposition du sol (source de CO_2) par rapport à la photosynthèse (puits de CO_2), pour que l'équilibre des sols de la toundra change, c'est-à-dire qu'au lieu d'un apport ou stockage de carbone, il y aurait un rejet de carbone, ce qui donnerait un effet de feedback positif sur le réchauffement planétaire causé par le CO_2. L'ampleur du changement dans l'humidité du sol reconstituée durant le développement des polygones est suffisante pour laisser supposer une variation dans le rôle fonctionnel (flux de CO_2) de la zone humide au cours de son développement à long terme (figure 9).

CONCLUSIONS

Les résultats de notre étude prouvent deux points majeurs :

1. Il pourrait être nécessaire que les modèles utilisés pour prédire le changement à long terme dans la fonction des habitats terrestres de la toundra en rapport avec l'écosystème (notamment les effets du futur

Figure 9
Changement dans l'humidité du sol au cours du développement d'une zone humide en polygones. La reconstitution est basée sur une moyenne pondérée de régression des optima d'humidité pour 14 espèces de mousses (carotte BY-A, voir Ellis et Rochefort 2004, en cours d'impression).



réchauffement planétaire) tiennent compte de la variabilité inhérente durant le développement de l'écosystème. Les sols riches en tourbe conjugués aux zones humides de l'Arctique ont contribué à la formation d'un net puits de carbone durant l'Holocène, et on estime qu'ils renferment >97 % de la réserve de carbone de la toundra qui comprend env. $180–190 \times 10^{15}$ g de carbone du sol (Post *et al.*, 1982; Oechel et Vourtilis, 1994). Une plus grande compréhension de la variabilité naturelle dans les zones humides de l'Arctique est essentielle à la gestion des réservoirs de carbone à l'échelle mondiale.

2. L'existence des mécanismes qui régissent les variations de l'humidité des sols durant le développement des polygones, mentionnés dans cette étude, devrait être confirmée ou réfutée. Les résultats que nous avons obtenus laissent supposer que les expériences à court terme ont peut-être négligé l'important rôle de la géomorphologie périglaciaire dans la modification de l'effet régional du climat à des échelles locales. Cela est inhabituel, parce que les groupements de végétation fortement liés à la géomorphologie sont une caractéristique visible du paysage de la toundra. Cependant, nous prétendons que le développement des polygones à long terme pourrait avoir été périodiquement affecté par la variabilité climatique prononcée (c.-à-d. durant le Petit âge glaciaire). Le corollaire : comme on s'attend à un important réchauffement climatique causé par l'homme, même les écosystèmes de l'Extrême-Arctique seront sensibles aux futurs changements de climat. Néanmoins, la prévision des effets du réchauffement climatique sur les zones humides de l'Extrême-Arctique pourrait demander une plus grande compréhension de l'interaction entre le système végétation-sols et les processus périglaciaires.

Le principal champ de recherche de Christopher Ellis est la structure et la dynamique des communautés écologiques (surtout les mousses et les lichens). Chris, qui travaille maintenant au Royal Botanic Garden, à Édimbourg (R.-U.), entretient des liens étroits avec Line Rochefort et son groupe de recherche de l'Université Laval, Québec.

Remerciements

C'est grâce à une bourse de recherche postdoctorale (1999–2001; crédits fournis par le CRSNG, le FCAR, le Centre d'études nordiques et la Faculté des sciences des l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval) que nous avons pu mener des études paléoécologiques pour examiner le développement du complexe de polygones de l'île Bylot, avec la participation de Line Rochefort, membre de l'équipe du « Goose Camp » de Gilles Gauthier. L'équipe pluridisciplinaire, dont la plupart des membres sont rattachés à l'Université Laval, Québec, visite l'île chaque année. Elle s'installe dans un petit camp pour étudier les divers aspects de l'écologie de l'Extrême-Arctique. Je m'estime privilégié d'avoir passé deux étés avec eux à un endroit réellement magnifique.

Références

Allard, M., 1996. Geomorphological changes and permafrost dynamics: key factors in changing arctic ecosystems. An example from Bylot Island, Nunavut, Canada. *Geoscience Canada*, 23, 205–212.

Bradley, R.S., 1990. Holocene paleoclimatology of the Queen Elizabeth Islands, Canadian High Arctic. *Quaternary Science Reviews*, 9, 365–384.

Ellis, C.J. et L. Rochefort, 2004. Century-scale development of polygon-patterned tundra wetland, Bylot Island (73°N, 80°W). *Ecology*, 85, 963–978.

Ellis, C.J. et L. Rochefort, en cours d'impression. Long-term sensitivity of a High Arctic wetland to Holocene climate change, Bylot Island (73°N, 80°W). *Journal of Ecology*.

Johnson, L.C., G.R. Shaver, A.E. Giblin, K.J. Nadelhoffer, E.R. Rastetter, J.A. Laundre, et G.L. Murray, 1996. Effects of drainage and temperature on carbon balance of tussock tundra microcosms. *Oecologia*, 108, 737–748.

Kasper, J.N. et M. Allard, 2001. Late-Holocene climatic changes as detected by the growth and decay of ice wedges on the southern shore of Hudson Strait, northern Québec, *Canada. Holocene*, 11, 563–577.

Koerner, R.M. et D.A. Fisher, 1990. A record of Holocene summer climate from a Canadian high-arctic ice core. *Nature*, 343, 630–631.

Oechel, W.C., S.J. Hastings, G. Vourtilis, M. Jenkins, G. Riechers et N. Grulke, 1993. Recent change of arctic tundra ecosystems from a net carbon dioxide sink to a source. *Nature*, 361, 520–523.

Oechel, W.C., G.L. Vourtilis, S.J. Hastings et S.A. Bochkarev, 1995. Change in arctic CO_2 flux over two decades: effects of climate change at Barrow, Alaska. *Ecological Applications*, 5, 846–855.

Paterson, W.S.B., R.M. Koerner, D. Fisher, S.J. Johnson, H.B. Clausen, W. Dansgaard, P. Bucher et H. Oeschger, 1977. An oxygen-isotope climatic record from the Devon Island ice cap, arctic Canada. *Nature*, 266, 508–511.

Rovansek, R.J., L.D. Hinzman et D.L. Kane, 1996. Hydrology of a tundra wetland complex on the Alaskan arctic coastal plain, U.S.A. *Arctic and Alpine Research*, 28, 311–317.

Weller, G., F.S. Chapin, K.R. Everett, J.E. Hobbie, D. Kane, W.C. Oechel, C.L. Ping, W.S. Reeburgh, D. Walker et J. Walsh, 1995. The arctic flux study: a regional view of trace gas release. *Journal of Biogeography*, 22, 365–374.

Wookey, P.A. et C.H. Robinson, 1997. Responsiveness and resilience of high arctic ecosystems to environmental change. *Opera Botanica*, 132, 215–231.

Young, K.L., M-K. Woo et S.A. Edlund, 1997. Influence of local topography, soils, and vegetation on microclimate and hydrology at a high arctic site, Ellesmere Island, Canada. *Arctic and Alpine Research*, 29, 270–284.

ÉTUDE RÉTROSPECTIVE *QAUJIVALLIANIQ INUUSIRIJAUVALAUQTUNIK* SUR LE SUICIDE

Jack Hicks, Laurence Kirmayer et Gustavo Turecki

Ces dernières décennies, les taux croissants de suicide, notamment chez les jeunes Inuit (adolescents et début de la vingtaine) sont devenus un important sujet de préoccupation dans l'Arctique central et de l'Est (voir figures 1 et 2). Dans le passé, certains Inuit adultes avaient décidé de s'enlever la vie, pour plusieurs raisons, mais cette vague de décès volontaires, apparemment inexplicables, chez les jeunes était un nouveau phénomène dévastateur.

Comme on pouvait s'y attendre, le suicide au Nunavut et dans d'autres collectivités inuites a beaucoup attiré l'attention et fait l'objet de conjectures sur les mécanismes qui pourraient être à l'origine de l'augmentation notée. Cependant, les données empiriques ne révèlent pas grand-chose sur les facteurs de risque, et malheureusement, selon une idée fausse assez répandue, de nombreuses études ont été menées sur le suicide chez les Inuit sans avoir donné de résultats tangibles sur la prévalence du suicide. Cela n'est pas vrai; l'idée est basée sur des suppositions qui ont été présentées comme des faits.

En 2005, un membre de l'assemblée législative du Nunavut a posé la question suivante : « Comment se fait-il que quand quelqu'un se suicide dans un centre correctionnel on ordonne une enquête? Pourquoi ne fait-on pas de même pour les suicides que les gens commettent chez eux? Nous devrions peut-être essayer de faire la lumière sur le passé de la personne qui s'est suicidée ».

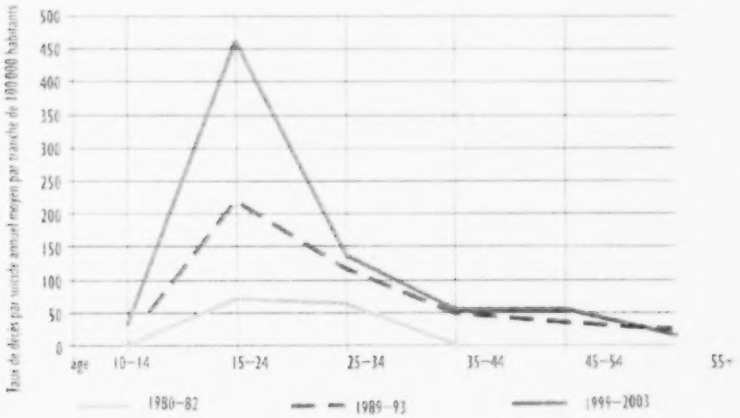
C'est pour essayer de répondre à ces questions, entre autres, que nous avons entrepris cet automne l'un des plus ambitieux projets de recherche en santé mentale qui ait été réalisé dans l'Arctique. L'étude rétrospective intitulée *Qaujivallianiq inuusirijauvalauqtunik* (« apprendre des vies qui ont été vécues ») tentera d'établir les facteurs de risque et les moyens de prévention pour les Inuit du Nunavut, et de dégager d'autres données qui pourraient faciliter les tentatives de réduction du taux de suicide anormalement élevé dans le territoire.

Une étude rétrospective (souvent appelée « autopsie psychologique » dans les textes à caractère médical) est un moyen mis en œuvre pour mieux connaître les facteurs de risque et les moyens de prévention en matière de suicide, dans différents segments de la population. On a mené des études rétrospectives dans de nombreuses parties du monde, mais jamais dans le Nord canadien.

Comme nous ne pouvons pas interroger les victimes, nous menerons des entrevues dirigées avec les membres de leur famille et leurs amis pour comprendre les détails de la

Figure 1
Taux de décès par suicide annuel moyen, Inuit du Nunavut et Canada, 1981 à 2003. Source : bureaux des coroners en chef des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut, et Statistique Canada.

Figure 2
Changements dans les taux de suicide par cohorte d'âge, de 1980 à 2003. Source : bureaux des coroners en chef des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut, et Statistique Canada.



vie des victimes – depuis leur naissance jusqu'à leur décès. Nous examinerons aussi très en détail la vie familiale et la vie personnelle des gens. Nous poserons des questions sur des sujets comme les antécédents familiaux, le dossier médical, les expériences vécues à l'école et au travail, les relations des personnes, la consommation de drogues et d'alcool, les événements traumatisants de la vie, les précédentes tentatives de suicide, etc. Nous avons essayé d'inclure tous les points mentionnés comme facteurs qui peuvent contribuer au suicide au Nunavut.

Quand nous examinons les détails de nombreuses vies terminées prématurément par le suicide, nous pouvons commencer à discerner des modèles. Cette information peut nous aider à concevoir des programmes de prévention du suicide et d'intervention plus efficaces. En Finlande, par exemple, les résultats d'une grande étude rétrospective ont mené à l'élaboration d'une stratégie nationale de prévention du suicide comprenant un éventail d'initiatives ciblées ainsi que des stratégies pour accroître l'efficacité des mesures prises par les diverses institutions. La sensible diminution du nombre de décès par suicide observée au cours de la dernière décennie en Finlande pourrait bien être attribuable à cette stratégie, et à la recherche sur laquelle elle est fondée.

Notre équipe de recherche interrogera des personnes qui ont déjà fait une tentative de suicide, qui sont encore en vie – et aussi les membres de leur famille et leurs amis. Cela nous permettra d'en apprendre davantage sur les facteurs qui font une différence dans la vie des personnes après leur tentative de suicide. Nous mènerons les mêmes types d'entrevues auprès des Nunavummiuts qui n'ont jamais essayé de se suicider, des membres de leur famille et de leurs amis, à des fins de comparaison.

La participation à l'étude est tout à fait volontaire. Une lettre de consentement signée par l'intervieweur et chaque participant confirmera que le participant a donné son consentement en toute connaissance de cause et fournira une garantie écrite de la confidentialité des résultats de l'entrevue.

L'*Isaksimagit Inuusirmi Katujjiqatigiit* (le « Embrace Life Council » du Nunavut), le gouvernement du Nunavut, Nunavut Tunngavik Inc., la Gendarmerie royale du Canada et le coroner en chef du Nunavut sont tous en faveur de cette étude, qui a été approuvée par un conseil de révision déontologique et pour laquelle l'Institut de recherches du Nunavut (IRN) a accordé un permis de recherche scientifique.

L'étude est menée par des chercheurs du Nunavut qui travaillent avec le Groupe McGill d'études sur le suicide (MGSS), l'un des principaux organismes de recherche du Canada sur le suicide. Dernièrement, le MGSS a terminé une étude rétrospective sur tous les suicides commis au Nouveau-Brunswick au cours d'une période d'un an, et les résultats ont incité le gouvernement provincial à renforcer certains aspects de leurs services de santé mentale.

Cette étude est financée par les Instituts de recherche en santé du Canada, un organisme subventionnaire indépendant du gouvernement du Canada, au moyen d'un concours de petites subventions pour les travaux concernant le suicide chez les Autochtones.

L'étude a démarré en 2005, et elle devrait durer de quatre à cinq ans. Certains résultats préliminaires seront fournis avant cette échéance.

L'information sur l'avancement de l'étude sera présentée dans un bulletin trimestriel et sur le site Web du MGSS. Le rapport sur ses conclusions sera distribué dans tout le Nunavut, notamment aux organismes partenaires et à tous les Nunavummiut qui ont accepté d'être interrogés.

Jack Hicks est le chargé de projet pour l'étude rétrospective sur le Nunavut; Laurence Kirmayer, médecin, est directeur de la Division de la psychiatrie sociale et transculturelle à l'Université McGill; Gustavo Turecki, médecin, PhD, est directeur du Groupe McGill d'études sur le suicide.

CRITIQUE DE LIVRES

Susan Rowley

Do Glaciers Listen? Local Knowledge, Colonial Encounters, and Social Imagination, par Julie Cruikshank. Vancouver : Presses de l'Université de la Colombie-Britannique, 2005.

Les glaciers des monts St. Elias sont certainement l'une des plus remarquables caractéristiques naturelles du monde. Ils avancent puis se retirent avec une rapidité fulgurante inattendue, déchirant et modifiant le paysage en faisant fi des humains.

Ces glaciers forment la trame du nouvel ouvrage où Julie Cruikshank se penche sur les différentes perceptions du monde naturel par les peuples autochtones, les explorateurs et les scientifiques. Son livre est une dissertation philosophique sur la nature du savoir et la capacité des tenants d'une culture à comprendre une autre culture.

Les glaciers sont la métaphore utilisée pour l'histoire de cette région qui évolue continuellement. La venue et la disparition des glaciers forment une partie importante du récit, mais elles ne sont pas aussi cruciales que la venue et le départ des personnes, leurs interactions ainsi que leur façon de modifier le tissu social et le contexte politique de la région par leurs actes.

Do Glaciers Listen? est divisé en trois parties : Matters of Locality; Practices of Exploration; et Scientific Research in Sentient Places. « Matters of Locality » reporte le lecteur à la période qui a précédé la révolution industrielle, une époque où les cultures occidentales avaient plus d'affinités avec la nature et où les gens considéraient les glaciers comme des êtres ayant un don de prescience, qui jugeaient les transgresseurs des règles sociales. Les récents événements ont montré que le besoin de découvrir le sens des événements apparemment inexplicables existe encore. À preuve, l'opinion exprimée par certaines personnes qui estimaient que les ravages de l'ouragan Katrina causés à la Nouvelle-Orléans étaient la punition infligée par un Dieu en colère contre la ville du péché. Il semble que même au vingt et unième siècle, la science occidentale n'exerce pas une très profonde influence sur notre tissu culturel.

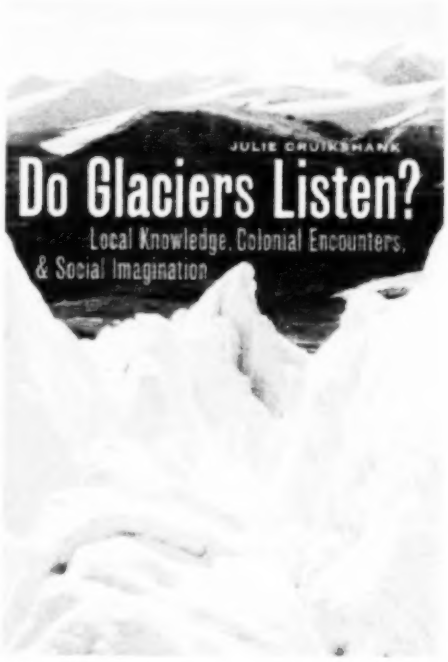
« Practices of Exploration » considère la zone de contact entre les habitants autochtones de la région et les visiteurs qui viennent de l'extérieur. M^me^ Cruikshank s'intéresse aux différences. L'argument qu'elle avance est convaincant, car elle examine les visions opposées du monde, qui parfois sont sur le point de favoriser la compréhension mutuelle et qui, d'un autre côté, engendrent parfois la dissension. Dans quelle mesure la perspective sur le monde est-elle ébranlée quand des étrangers arrivent, agissent selon des façons contraires aux croyances locales, et s'en tirent sans problème? Quels sont les réalignements effectués, et quelles nouvelles réalités favorisent l'adaptation à ces nouvelles circonstances?

« Scientific Research into Sentient Places » est la troisième et dernière section de ce volume. Dans le dernier chapitre, l'auteure se demande dans quelle mesure les visions du monde sont rapprochées de nos jours – et à quel point elles sont éloignées. Elle traite aussi la difficile question de l'intégration du savoir local et de la connaissance scientifique mise en lumière aujourd'hui par les glaciers qui sont en train de fondre. Enfin, M^me^ Cruikshank met en garde le lecteur contre un piège : essayer d'intégrer les différents types de connaissances dans un ensemble qui ne plaît à aucun des groupes concernés.

Do Glaciers Listen? est un amalgame de textes déjà publiés et de chapitres rédigés pour ce livre. De tels ouvrages sont presque inévitablement affectés parce qu'ils assemblent des morceaux quand la chaîne et la trame ne sont peut-être pas toujours alignées pour donner une image claire. Ce n'est pas le cas ici. Ce qui au premier coup d'œil semble une intéressante digression s'avère en fin de compte une partie cruciale de la thèse. Exemple : l'étrange légende intitulée « Edward James Glave, the Alsek and the Congo », fascinante au point où vous ne pouvez faire autrement que pardonner à l'auteur son évidente indulgence. Et pourtant, si l'intrigante question de l'éventuelle influence de Glave sur l'ouvrage fondamental de Joseph Conrad intitulé *Au cœur des ténèbres* est un point accessoire, le thème central de l'article – la façon dont les forces externes façonnent et refaçonnent inévitablement les perceptions des gens de l'extérieur – est au cœur de ce livre.

Le mot crucial du titre pourrait être « Listen » (écoutent). Le lecteur doit bien prêter attention aux propos des autres personnes cités dans ce magnifique ouvrage. Comme dans ses œuvres antérieures, M^me^ Cruikshank laisse parler les Autochtones, et elle évite d'en donner sa propre interprétation. Mais elle ne fait pas la même chose pour d'autres. Elle crée soigneusement un contexte qui favorise l'interprétation des propos formulés par les étrangers, notamment les explorateurs. C'est là l'un des rares déséquilibres du livre.

Do Glaciers Listen? est une oeuvre fascinante. Les propos de M^me^ Cruikshank sur la manière dont les rencontres façonnent et créent les perceptions du monde, dont les bribes de sens sont projetées dans le paysage par les gens, sont tout à fait provocateurs. Cet ouvrage est fortement recommandé aux scientifiques, anthropologues, historiens, et à tous ceux qui s'intéressent à la construction sociale des paysages.



Susan Rowley est conservatrice spécialisée en archéologie publique au Musée d'anthropologie de l'U.C.-B. et professeure adjointe au Département d'anthropologie et sociologie. Elle est aussi membre du conseil d'administration de la Commission canadienne des affaires polaires.

NOUVEAUX MEMBRES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA COMMISSION CANADIENNE DES AFFAIRES POLAIRES

La Commission canadienne des affaires polaires remercie les membres sortants du Conseil, Peter Johnson, Michael Robinson et Richard Binder, pour leurs nombreuses contributions des six dernières années. Elle souhaite la bienvenue aux nouveaux membres, Tom Hutchinson (président) Ron Macnab, Susan Rowley, et François Trudel (vice-président).

La semaine du sommet sur la science arctique
22–29 mars 2006
Postdam, Allemagne
www.iasc.no

Les changements dans l'Arctique et les communautés littorales
12–18 août 2006
Tuktoyaktuk, Territoires du Nord-Ouest
www.czc06.ca/f/home.html

15e congrès international des Études Inuit: L'oralité au XXIe siècle. Discours et pratiques inuits
26–28 octobre 2006
Musée du Quai Branly, Paris, France
Organisé par : Institut national des langues et civilisations orientales (INALCO) et Centre national de la recherche scientifique (CNRS)
Michèle Therrien (michele.therrien@inalco.fr)

NOUVEAUX LIVRES

Arctic Clothing, *by J.C.H. King, Birgit Pauksztat et Robert Storrie. Des Autochtones, des anthropologues et des historiens passent en revue les habillements contemporains et traditionnels du Nord. McGill-Queens University Press (ISBN 0773530088).*

Dans l'Arctique, les animaux marins et les animaux terrestres fournissent la matière première pour la confection des vêtements nécessaires à la pratique de la chasse ainsi qu'à la survie dans les conditions les plus rigoureuses au monde. Arctic Clothing, rédigé dans le cadre d'une conférence tenue au British Museum, montre le travail des artistes autochtones et des personnes qui cousaient les peaux. L'ouvrage est une étude des façons dont les vêtements créent un lien entre les sociétés autochtones et l'environnement et de l'importance continue des animaux, des oiseaux et des poissons pour ces collectivités.

J.C.H. King est responsable de la collection nord-américaine, au Département d'ethnographie du British Museum. Birgit Pauksztat est l'adjointe spéciale-Thaw au Département d'ethnographie du musée. Robert Storrie est un ancien adjoint du Département d'ethnographie du musée.

– McGill-Queens University Press

MÉRIDIEN

est publié par la Commission canadienne des affaires polaires.

ISSN 1492-6245
© 2005 Commission canadienne des affaires polaires

Rédacteur : John Bennett
Traduction : Suzanne Rebetez
Conception graphique : Eiko Emori Inc.

Commission canadienne des affaires polaires
Bureau 1710, Constitution Square
360 rue Albert
Ottawa, Ontario K1R 7X7

Tél. : (613) 943-8605
Sans frais : 1-888-765-2701
Téléc. : (613) 943-8607
Courriel : mail@polarcom.gc.ca
www.polarcom.gc.ca

Les opinions exprimées dans ce bulletin ne reflètent pas nécessairement celles tenues par la Commission canadienne des affaires polaires.